

泛在电力物联网带给供电企业和用户全新体验

本刊编辑部

国家电网有限公司泛在电力物联网建设总体按计划推进，泛在电力物联网在安全生产、客户服务、经营管理、基层减负、业务拓展、交流宣传等方面建设工作取得积极成效。售电服务转型升级、新兴业务快速发展、数据规模逐渐扩大……泛在电力物联网建设以来，越来越便捷的供电服务正在不断涌现，人们也越发感受到智慧用能给生活带来的巨大转变。

建设泛在电力物联网 推进基层减负增效

2019年年初，国家电网有限公司在三届四次职代会暨2019年工作会议上提出：加快建设泛在电力物联网，切实为基层一线减负减压。过去一段时间，移动作业大规模兴起，运检、营销、建设、安监等专业均开展了内网移动应用建设及终端配发，“一人多终端”的困扰随之而来。2019年上半年，公司累计整合移动作业终端6.8万台，“一人多终端”问题整治有了阶段性进展，基层减负也收获了实实在在的成效。

在基层，数据信息共享不足常常给班组带来数据利用率不高等问题。打通“孤岛”，让数据融通共享互联，基于大数据平台的跨专业、跨系统数据融合贯通，以后端系统融合贯通促进末端应用融合，推进跨专业数据贯通融合开放共享。得益于此，现场作业的自动化、智能化数据可自动送至班组，在移动应用现场，录入客户信息也可一键生成查勘方案，不仅能为基层减负，还能更好、更快、更准地为客户提供优质服务。

泛在电力物联网迅猛发展 带来用电新体验

泛在电力物联网技术的不断迭代升级，基层减负的空间将得到延伸与拓展，广大基层电力工作者效率有效提升，目的只有一个，就是为了精准把握用户用能需求，不断提升服务水平，增强客户参与度、满意度和获得感，让人们过上更加绿色、智慧的用能新生活。

4月28日，“网上国网”（也称“掌上电力2019”）App率先在浙江全省范围内推广上线，这也是泛在电力物联网建设在客户侧设计统一入口的有效探索。目前，“网上国网”App吸收融合了国网商城、电e宝、e充电、光e宝等服务平台，构建了全新“5+N”服务频道，为住宅、电动车、店铺、企事业、新能源5类客户提供便捷办电、智慧用能等多元化服务，规划设计了135个线上服务场景，现已完成第一阶段81个服务场景的上线应用。

目前，国家电网有限公司编制完成客户侧泛在电力物联网2019年建设方案，明确客户侧泛在电力网建设发展重点和目标。泛在电力物联网建设不仅仅服务于电力系统，更为人们提供了一个泛在的数据和信息服务平台。有了这个平台，电力能够到达什么地方，数据、信息获取与服务就能到达什么地方。

推进综合能源服务升级 让全社会共享建设成果

2019年上半年，在国家电网有限公司的推动下，山东寿光、浙江安吉、湖北潜江3个乡村电气化示范县启动建设。除了建设美丽乡村，国家电网有限公司还将建成“一站式服务”的智慧能源综合服务平台，各类新兴业务协同发展，形成“一体化联动”的能源互联网生态圈，为企业用户提供能效服务，让广大客户用上实惠电、绿色电、智慧电。

农村电气化

目次

刊名题字
主管
主办
编辑出版
中国标准连续出版物号
CODEN代码
出版日期
地址
邮编
网址

李鹏

中国科学技术协会
中国电机工程学会
北京国宇出版有限公司
ISSN 1003-0867
CN 11-2181/TM
NODIEE
每月10日
北京市南蜂窝路5号
100055
http://www.chinarein.com

编委会名誉主任委员
编委会主任委员
编委会副主任委员

郑宝森
谢明亮
孙吉昌 张莲瑛 陈小良(常务)
周建方 陈 坚 张薛鸿

编委会委员

丁孝华 王立地 王自军
元 伟 戈立军 孔繁钢
艾 闯 宁 昕 冯 晋
刘 东 刘 伟 刘建华
汤克艰 杜松怀 李 氏
李 斌 李江涛 李建锦
李瑞生 李震宇 何 锐
汪发明 邱明泉 宋连峻
张思源 伊有福 陈俊章
陈振宇 沈 广 范 伟
欧阳亚平 岳红权 岳梦华
周开保 赵振宇 顾联军
黄震宇 黄 燕 常俊祥
蔡丽华 蔡冠中 缪学文
谭跃凯 潘力志 潘继雄
薄 博

总经理兼总编
主编
副主编
编辑
美编

顾联军
盛万兴 耿立宏
袁 航
张峰亮 刘艳玲 赵文属
周一鹏

编辑部电话

010-63123091/2
926523091/2(系统)

邮箱

ncdqh@csre.org.cn

投稿

http://ncdh.cbpt.cnki.net

QQ交流群

35863746

发行部

010-63123085/6/7

926523085/6/7(系统)

广告部

010-63123056 926523056(系统)

印刷

北京盛通印刷股份有限公司

广告经营许可证号

京西工商广字第8205号

户名

北京国宇出版有限公司

开户行

工行北京会城门支行

账号

0200 0414 0920 1503 351

每期定价

12.00元

全年定价

144.00元

1 泛在电力物联网带给供电企业和用户全新体验 …本刊编辑部

◆ 泛在电力物联网专栏 >>

5 构建基于泛在电力理念的游戏-商务平台

……刘亚萍,左向红,张宏宇,黄奕,杜欣宇,鞠力,卞斌

8 基于人工智能的泛在电力消防物联网技术研究 ……吕达

11 基于泛在电力物联的变电站施工管控系统的研究及应用

……武瑶,耿军伟,陈波,李聪,周爽,刘卫国

14 基于RFID技术的电力设备分布式台账云管理研究

……郭治锋,张慧颖,刘丁华,翟晴

17 基于泛在互联的电缆班组资源管理优化新模式

……熊俊,刘青,王金双,李宁

21 有监督机器学习算法在充电设施状态评估中的应用

……李亦非,王芳,李蕊,宋玮琼

24 基于物联网技术的新型智能化培训服务体系

……刘琦,张淑国

27 泛在电力物联网智能传动技术 ……徐震,王云鹏,李海

31 边缘计算在泛在电力物联网中的应用 ……王萌

◆ 典型推介 >>

35 基于事件驱动机制的电网事件快速捕捉方案

……林振科,王辉

37 电网系统调度故障自动识别处理方法研究 ……吴文博,阿咪娜

◆ 电网建设 >>

40 考虑配电网发展匹配度及均衡度的投资策略优化

……刘莹,潘伟

◆ 运行维护 >>

43 基于配网可靠性数据的检修计划业务水平评价模型应用研究

……郑博文



46 变电站智能化运行设备维护技术在电力系统中的应用
.....陈 健

49 基于差动保护的换流站变压器励磁涌流波形分析及研究
.....熊 超,胡忠山

◆ 安全生产 >>

53 高压穿墙套管放电的原因及处理
.....王新究,汪 明,陈锦涛,蔡 昶,潘海涛,韩 强,黄建国

54 基于雷击特性的35 kV输电线路防雷保护研究
.....陈 丁,曹伟国

◆ 智能电网 >>

56 用于输电线路检修的智能接地线夹终端管控系统
.....翟常冬,马立修,荣国阳,魏 鹏,张学强

◆ 信息系统 >>

60 配电自动化技术在农村配电网中的应用浅析陈育钿

◆ QC小组 >>

62 缩短通信光缆故障处理时间彭 坤,丁正胜

◆ 清洁能源 >>

65 储能电站系统集成方案艾绍伟,喻连喜

67 基于超级电容-液钒电池平滑直驱风电系统出力布 赫

◆ 器具设备 >>

73 基于AD7606同步异步组合采样的智能功率变送装置设计
.....陆奇光,曹 达,张 益,王 祥

◆ 经验点滴 >>

77 基于智能理念的低压集抄系统运维效率提升梁佩新

79 一种提高抢修效率的“缆虫”技术.....彭洪梅,肖丽军

80 县级公司建设泛在电力物联网的几点思考马伟峰

《农电管理》2019年第9期要目

精准扶贫点亮心灯
——国网安徽泗县供电公司开展邓公村定点扶贫工作纪实
孙英杰

精准扶贫让百姓生活越来越好
——国网山东高密市供电公司精准扶贫攻坚纪实
贾聚光

精准扶贫 特色发力 服务三农 赵永平

供电企业党建工作质量提升策略探究 高 兵

找准融合路径 激活党建一池春水 张海军

“把脉问诊”约束基层“小微权力” 李江成 乔 明

配网标准化抢修管理的难点与破解之法 张晓明

安全管控可视化考核平台建构与应用 晋志军

“星火名片”为载体的班组文化建设实践

顾学清 王福民

担当作为 实干争先 全面推动公司高质量发展

——访国网河北定州供电公司总经理李洪涛 闫隆斌

内外兼修 全面提升优质服务 瓮旭鹏 闫隆斌

棋盘所：“暖心”支部奏强音 胡以传 张海勇

许瞳所：全心全意 爱拼敢赢 王 帅

陈国辉：为电网建设负责到底 郭 峰

员工职业发展导航创新与实践

——国网浙江省海盐县供电公司全维度“大培训”体系创建纪实

李正光

基于数据仓库建设的营配调数据管理

陈逸伦 周萃奎 温新叶 林道总 林垂龙

声 明

本刊发表文章不收取任何费用，一切收费行为均非本刊所为；本刊已许可农村电气化网以及中国知网及其系列数据库产品以数字化方式汇编、发行、网络传播本刊全文；国宇出版公司向作者支付的稿酬已包含上述著作权使用费；作者向本刊提交文章发表的行为即视为同意我公司上述声明；未经同意，本刊辑录之文章和插图，不得转载或再编辑成书出版。

In This Issue

Ubiquitous in the Electric of Things Column

- 5 Structuring Game-business Affairs Platform Based on Theory of Ubiquitous Power Internet of Thing/Liu Yaping, Zuo Xianghong, Zhang Hongyu, Huang Yi, Du Xinyu, Ju Li, Bian Bin
- 8 Technical Research of Ubiquitous Power Fire Fighting Internet of Thing Based on Artificial Intelligence /Lv Da
- 11 Research and Application of Theory of Uubiquitous Power Iinternet of Thing in Substation Construction Management Control /Wu Yao, Geng Junwei, Chen Bo, Li Cong, Zhou Shuang, Liu Weiguo
- 14 Cloud-management Research Related to Electric Power Equipment Distributed Standing Book Based on RFID Technology /Guo Zhifeng, Zhang Huiying, Liu Dinghua, Zai Qing
- 17 Optimized New Mode of Resources Management Suited to Cable Teams and Groups Based on Ubiquitous Internet of Thing /Xiong Jun, Liu Qing, Wang Jinshuang, Li Ning
- 21 Application of Monitoring Machine Learn Algorithm in Charging Equipment State Evaluation /Li Yifei, Wang Fang, Li Rui, Song Weiqiong
- 24 New Type Intelligent Training Service System Based on Technology of Internet of Thing /Liu Qi, Zhang Shuguo
- 27 Discussion Related to Intelligent Drive Technology in Ubiquitous Power Internet of Thing /Xu Zhen, Wang Yunpeng, Li Hai
- 31 Application Related to Edge Calculation in Ubiquitous Power Internet of Thing /Wang Meng

Typical Referral

- 35 Fast Catching Scheme of Power Network Event Based on Event Driving Mechanism /Lin Zhenke, Wang Hui
- 37 Research on Automatic Recognition and Processing Method of Dispatching Faults in Power System/Wu Wenbo, A Mina

Power Grid

- 40 Investment Tactics Optimization Research Considered Power Distribution Network Development Match Degree and Equalization Degree/ Liu Ying, Pan Wei

Operation & Maintenance

- 43 Applied Research of Valuation Model Suited to Repair Plan Business Level Based on Reliability Data of Distribution Network /Zheng Wenbo
- 46 Application of Operating Equipment Maintenance Technology Suited to Substations in Electric Power System /Chen Jian
- 49 Waveform Analysis and Research of Converter Substation Transformer Excitation Inrush Current in Based on Differential Protection/ Xiong Chao, Hu Zhongshan

Safety

- 53 Reason Analysis and Processing Method Related to HV Wall Bushing Discharge /Wang Xinxian, Wang Ming, Chen Jintao, Cai Chang, Pan Haitao, Han Qiang, Huang Jianguo
- 54 Lightning Protection Research of 35 kV Transmission Lines Based on Lightning Stroke Performance /Chen Ding, Cao Weiguo

Smart Grid

- 56 Intelligent Earthing Clip Termination Management Control System Used for Transmission Line Repair/Zai Changdong, Ma Lixiu, Rong Guoyang, Wei Peng, Zhang Xueqiang

Information System

- 60 Application of Distribution AutomationTechnology in Rural Distribution Network/Chen Yudian

QC Group

- 62 Shorten Fault Hanging Time of Communication Optical Cable/Peng Kun, Ding Zhengsheng

Clean Energy

- 65 Integrated Scheme Analysis Related to Energy Storage Electric Power Station System /Ai Shaowei, Yu Lianxi
- 67 Grid Connected Control of Permanent Magnet Direct-Drive Wind Power System Based on Ultra Capacitor and Vanadium Redox Battery/ Bu He

Equipment

- 73 Intelligent Power Transducer Devices Based on AD 7606 Synchronous Asynchronous Combination Sampling /Lu Qiguang, Cao Da, Zhang Yi, Wang Xiang

Experiences

- 77 Improvement of Operating and Maintenance Efficiency of Low Voltage Collection and Reading System Based on Intelligent Concept/ Liang Peixin
- 79 "Lazybones Technology" Enhancing Rush Repair Efficiency /Peng Hongmei, Xiao Lijun
- 80 Thoughts on the Construction of Wide Power Internet of Things in County Companies/Ma Weifeng

(王金鼎译)

构建基于泛在电力理念的 游戏—商务平台

刘亚萍, 左向红, 张宏宇, 黄奕, 杜欣宇, 鞠力, 卞斌

(北京电力经济技术研究院有限公司, 北京 西城 100055)

摘要:近年来, 手机游戏以其即时性、便捷性和趣味性等特点受到广大用户的青睐, 将游戏与泛在电力、绿色低碳相结合, 构建基于泛在电力理念的游戏—商务平台, 将绿色低碳理念导入游戏内容, 以商务平台内容实现产业聚合、绿色低碳理念落地, 以游戏的趣味性提高商务平台客户黏性, 以商务的盈利性为游戏平台提供资源支持, 延伸泛在电力物联网的业务范畴, 打造新业态。

关键词: 泛在电力; 绿色低碳; 手机游戏; 商务平台; 智慧能源; 智慧生活

中图分类号: TP399

目前已有绿色低碳研究主要集中在传统固有专业范畴, 例如文献[1]研究了绿色低碳理念下电力调度与决策模型, 文献[2]建立了考虑需求侧管理的低碳电网规划模型。本文针对现有以能源转型为主题的商务平台及App访问量明显不足的实际问题, 提出将游戏与泛在电力、绿色低碳相结合, 构建基于泛在电力理念的游戏—商务平台, 以期为发展泛在电力物联网新业态提供参考。

1 环境分析

十九大以来党和政府高度重视推进绿色发展, 推进能源生产和消费革命, 构建清洁低碳、安全高效的能源体系建设。“取之有度, 用之有节”是生态文明的真谛被广泛认同^[3]。

随着大数据、云计算等新技术迅速发展, 诸多方面的发展表明发展泛在电力物联网已经具备基本条件, 社会主体将要从能源消费者向产消者转变, 参与到广泛的能源电力领域的互动。

因此, 现阶段亟待有契合社会大众, 尤其是作为消费主体的年轻人感兴趣的平台, 用以获得能源生产与消费认知、倡导绿色低碳生活理念、引领智慧健康生活。

2 电网公司商务平台的发展情况分析

目前, 电网公司为有效地推进电能替代, 积极推进商务平台建设。以国家电网公司为例, 其已全面建成掌上电力、国网商城、电e宝、国网互联网

统一用户、电e连、国网采购专区、淘电宝、国网出行、国网商旅等电子商务平台。

其中, 国网商城目前已经建成标准统一、上下贯通的三级电商化采购体系, 覆盖国家电网公司70余家二级单位、3200个核算中心, 上架商品53万件, 辅助物资、节能物资、生产车辆等11个大类全部纳入采购范围。电e宝面向低压用电客户提供“交费+理财”综合服务, 具有充值、提现、转账、支付等8项基本功能, 以及电力交费、国网商城、电费小红包、供电窗、财富好管家、金财贷、国网商旅、掌上电力等8项特色功能。

但截止到目前, 国网商城在应用宝、360手机助手、百度手机助手、华为应用市场、百度手机助手中的合计下载量不足19万次, 在Apple store中的评分个数仅为6个, 评分分数为4分; 电e宝不足1000万次, 在Apple store中存在1300条评分, 分数为4分; 国网出行在华为应用市场中的下载量不到1万次, 可见各平台的用户活跃度很有限。

综上所述, 与能源转型密切相关的电子商务平台, 虽然涉及的业务范围广、覆盖的目标人群多, 但是由于缺乏社会关注度和流量, 目前仍未大规模进入公众视线范围内。

3 游戏产业发展情况

根据《2018年中国游戏产业报告》, 中国游戏产业的市场规模在过去11年皆保持高速增长。电子游戏的发展带来游戏平台化的趋势, 涌现出一大批

第三方游戏平台。目前,PC游戏平台较知名的有腾讯公司的WeGame平台,国外的Steam、Uplay等。手机游戏平台有腾讯(应用宝、微信、手Q)、tap-tap等。

所以,未来游戏将结合移动应用游戏平台,继续发挥其趣味性强等特点吸引玩家,助力游戏市场持续增长。

4 游戏-商务平台的设计思路

4.1 确定平台设计原则

趣味性原则。游戏的吸引力在于它的趣味性,本项目引入“游戏+”的思维,目的是要以游戏为载体,在为用户提供游戏体验的同时,通过游戏导入的流量和游戏中植入性的绿能观念的引导、宣传环保与节能、渗透绿能理念,倡导绿色低碳生活理念,促进能源生产端的清洁替代和用能端的电能替代。

科普性原则。商务平台产品及服务以绿色低碳为主题,为智能交通、智能建筑、智能家庭、智能车联网产品及服务以及智慧能源服务、用户能量互动辅助服务等提供交易平台,辅助提供电费缴纳等服务。同时,平台嵌入的智慧能源服务、绿能小额信贷等功能,为用户提供差异化的用能体验,增加在绿能与智慧家居方面的有效需求^[4],加速大众生活品质提升,促进能源经济健康快速发展。

4.2 明确游戏受众群体

宏观上,平台期望通过游戏这一创新形式,为电力商务平台及App访问量不足的问题提供解决方案;微观上,游戏商务平台期待参与游戏的用户能够在充满乐趣的环境中了解绿色低碳生活理念和实现路由。因此,绿色低碳生活理念及对应泛在电力的相关产品与服务的目标客户主要为成人群体,尤其是负责家庭住、行等生活开支的消费群体。

4.3 选择游戏类型体量

综合中国游戏市场发展现状,并考虑到市场人群定位,平台的游戏设计以“高传播性”与“口碑较好”为目标,游戏种类以轻度休闲类为主,推出基于平台客户端的轻度休闲类移动网络小游戏,即点即玩,既不需要下载安装包,又满足画面流畅的要求,便于用户随时享受游戏带来的乐趣。

5 游戏-商务平台的产品功能

本平台通过服务器搭建文件编辑、数据提取等基本核心功能,提供游戏体验、游戏推荐、智慧能源服务、绿色信贷、讨论与分享、绿色用能商城等功能。

5.1 电力游戏体验与推荐功能

平台嵌入游戏,除了具备可以不断吸引玩家的注意力,不断调整他们的参与度,培养策略性思维,推动玩家去探索此前未知的能源电力领域的可能空间,释放玩家的创造力,通过多种反馈保证玩家把游戏中蓄意设计的高压挑战视作安全且愉快的活动的一般特征以外,平台嵌入的游戏应体现节能环保的生活理念或存在先进的绿色低碳元素。平台成熟后涵盖到游戏孵化、游戏发行、游戏运营、用户社群建设、游戏周边等一系列内容。

5.2 智慧能源虚拟与定制功能

平台嵌入智慧能源服务功能,链接网上国网营销服务体系,实现常规的用电服务,如信息自助查询、电费缴存、电力抢修、智慧车联网等业务入口^[5]。此外,平台还提供虚拟智慧能源构想以及线下实际智能能源服务功能,智慧能源服务包括用能优化、能效管理、智慧楼宇,智能家居解决方案等内容。用户可以根据自己关注的建筑类型、气象环境、用能个性化需要等因素,进行自我拼装设计智慧能源服务系统构成并获得平台提供的信息,也可在线获得平台专家系统的个性化服务,获得满足需求的推荐配置方案,从而实现线上线下协同管理与优化的智慧能源服务^[6]。

5.3 智慧商城的线上购物功能

平台嵌入智慧商城功能,打造线上线下有节能降耗、低碳环保理念的“智慧生活商城”。线上商城产品聚焦智能家居相关产品^[7]、电动汽车及其充放电设备、分布式发电与个性化用能设备等商品,线下提供发电设备评估、用能设备诊断与优化等商业服务。这些服务及产品以泛在电力为核心,聚焦客户绿色低碳生活。

5.4 绿能小额商业信贷的功能

绿能小额信贷按照兼顾商业性和福利性设计,一方面强调小额信贷管理和目标设计中的可持续性,

另一方面也应注重项目对改善经济能力相对不足群体享受绿色用能、智能家居方面的福利作用。绿能小额贷款将集信用风险评估与管理、小额贷款行业投资、小微借款咨询服务等功能，为客户提供个性化的普惠金融服务。

5.5 平台实现的基本业务功能

平台实现游戏体验与游戏推荐、智慧能源虚拟与定制服务、智慧生活商城、绿能小额信贷业务4大功能联通、联动，为用户提供互动媒介。如图1所示。



图1 平台界面示例

图1中在“首页”模块中主要功能为：右上角每日签到入口，进入后可以签到领取积分，积分可以用于兑换电费或者产品；我的游戏，作为游戏的快捷入口，包含玩家已经购买拥有的游戏，附有简单的游戏动态提示，点击进入后可以更详细查看用户拥有的游戏列表、游戏排名信息、用户的游戏相关设置等；推荐游戏，根据好友推荐、用户兴趣、热度排名等分析出用户可能喜欢的游戏，显示在此处；新游预约，包含即将发布的游戏，点击进去后可以提前预约。

在“发现”模块中主要功能为：游戏搜索入口，标签页形式陈列精品新游、为您推荐、大家都在玩、即点即玩等分类的游戏列表。

在“社区”模块中主要功能为：包括论坛搜索入口，热门游戏论坛、主题论坛等列表；特定论坛可以实现讨论列表、新建讨论、浏览讨论并留言评论、收藏讨论等功能。

在“信息”模块中主要功能为：类似于微信聊天，主界面主要为信息列表、信息搜索入口，消息列表包括好友信息、系统信息和广告信息3类。

在“商城”模块中主要功能为：优惠信息、电费充值等快捷入口，标签页形式陈列精选、智能家居、绿色能源、电动车等分类的产品列表。

6 结束语

针对文中分析内容提出将游戏与泛在电力、绿色低碳相结合，构建基于泛在电力理念的 game—商务平台，包括游戏体验、游戏推荐、智慧能源服务、绿能信贷、讨论与分享、绿色用能商城等功能，以游戏内容导入绿色低碳理念，以商务内容实现产业聚合、绿色低碳理念落地；以游戏的趣味性提高商务平台客户黏性，以商务的盈利性为游戏平台提供资源支持，以期为发展泛在电力物联网新业态提供参考。

参考文献

- [1] 朱佳杰, 丁乾慧, 沈健. 绿色低碳理念下的电力调度与决策模型分析[J]. 科技创新, 2017, 36.
- [2] 程耀华, 张宁, 康重庆. 考虑需求侧管理的低碳电网规划[J]. 电力系统自动化, 2016, 23.
- [3] 张文敏. 微信小程序游戏的发展现状及其社交属性[J]. 新闻研究导刊, 2018, 9(14): 108.
- [4] 习近平. 在北京世园会开幕式上的讲话[R]. 2019.
- [5] 李云鹏, 于元旗, 孙俊伟, 王雷. 虚拟化平台应用效益分析[J]. 计算机产品与流通, 2018(12): 138-186.
- [6] 韩硕辰, 路俊, 胡震. “互联网+”智能交费四维管理体系构建[J]. 电子测试, 2018(Z1): 116-119.
- [7] 刘文娟. 基于省级电网企业全业务统一数据中心的能源互联网智慧用能研究[A].
- [8] 2017年“电子技术应用”智能电网会议论文集[C]. 中国电力科学研究院有限公司, 国网电投(北京)科技中心, 《电子技术应用》杂志社, 2017, 2.
- [9] 李奕珺, 黄思钊, 田雨晨. AI+智能家居技术及其趋势研究[J]. 电子世界, 2019(07): 108.
- [10] Yusheng XUE, Xinghuo YU. Beyond Smart Grid—A Cyber—Physical—Social System in Energy Future. Proceedings of the IEEE, Vol 105, No.12, December 2017.

(责任编辑:袁航)

基于人工智能的泛在电力 消防物联网技术研究

吕达

(国网北京市电力公司, 北京 西城 100031)

摘要: 文章以人工智能技术研究为切入点, 将电力消防工作作为研究对象, 探索泛在电力消防物联网技术, 结合北京泛在电力的消防工作需求, 建立消防物联网技术应用系统, 实现消防信息物联、智能化事前预测、事中决策、事后学习, 为北京电网的安全运行提供基础保障。

关键词: 人工智能; 泛在电力; 消防物联网

中图分类号: TP391

面对电力消防工作的严峻挑战, 想要将消防工作做好, 应当运用多种先进技术来解决电力消防中的痛点问题。而物联网作为新技术, 具有较高的拓展性及智能、高资源共享多种优势^[1], 将物联网技术应用于消防服务中, 可以对电力的消防工作整体质量水平有效提升, 从而建设更加精准、安全、优质的泛在电力物联网^[2]。

1 泛在电力物联网技术及其架构

泛在电力物联网技术的应用, 使电力系统能够实现多环节之间联动, 达到人机交互、多环互联技术要求, 同时物联网技术还实现了电力系统运行状态全面感知、高效处理信息、灵活便捷的智慧化服务。

泛在电力物联网作为集多层功能的集成网络, 包括了感知层、网络层、平台层、应用层^[3], 其中关键技术包括无线传感网络技术、无线通信技术^[4], 这2项关键技术作为泛在电力物联网的重要组成部分, 其中无线传感网络能够有效监控传感器的覆盖主要区域, 并依据传感器主要类型获得对应信息, 并向上位机无线传输达到信息监控。无线传感网络传感器节点较多, 包括了个体、控制、汇聚多节点, 实现了汇聚节点由控制节点向外部网络的无线传输, 结合外部需求能够达到向各节点外部下发指令。无线通信技术的通信方式多样化, 包括 Wi-Fi、蓝牙、红外线、等技术, 能够结合具体的运用环境选择不同的通信技术^[5]。

2 泛在电力消防物联网技术优势

2.1 远程监督

要将泛在电力物联网技术应用于消防检查工作中, 当设计人员深入全面的分析了解检查对象, 从而全面掌握消防安全隐患, 以此降低火灾发生率。譬如监督检查建筑项目消防安全, 应当对电力设备相关的构筑物结构和材质、内部装修材质等多方面信息做全面了解, 并对消防设施及警报设施进行及时的检查^[6]。消防检查工作作为定期例行性任务, 目前仅依靠消防人员逐一排查消防安全点, 对于消防监察人员来讲工作量大, 需投入较大的人力、财力、物力。并经常发生检查不到位、检查漏项缺项、缺少火情预判、决策久等问题。因此运用消防物联网技术, 能够实现传感器网路安全, 包括烟感、火感以及二氧化碳等多种浓度, 以及对传感网络的有效监督。

2.2 紧急服务应用

火灾事故存在即时性、不确定性, 通过开展电力消防工作, 建立物联网反馈机制, 能够动态化监测消防对象, 并有效减少火灾消防事故的发生。通过将互联网技术融入消防安全监管紧急服务机制中, 能够实现迅速消防出警, 同时做到实时排查消防隐患问题, 通过泛在消防物联网的建立, 能够有效提升消防预警应急能力, 实现对自动化消防设备无线控制, 自动化触发灭火装置, 从而提高工作效率^[7]。

3 泛在电力消防物联网系统应用

3.1 消防产品生命周期管理系统

消防产品生命周期管理系统可作为消防产品的技术管理平台,在具体运用过程中,通过有线网络通信、射频、终端设备、二维码解析等技术^[8],实现对消防产品生命周期的动态化跟踪,实时获取消防产品的生命周期相关信息以及具体位置信息,能够为科学化管理消防产品提供重要途径。运用二维码、RFID作为可识别标签,消防产品便有了唯一且关键的身份标识,达到不同环节数据的实时采集,并依照有关规则完成数据录入,以此监管消防产品。

3.2 消防设施远程监控系统

消防设施远程监控系统是对火灾报警系统的自动监控,借助火灾自动报警器的输入、输出接口,实现对火灾警情的自动获取。随着泛在电力物联网的发展,运用物联网技术全面监控消防设施。消防设施是否完好直接与火灾预防及扑救成果相关,因此十分关键^[9]。考虑到消防设施有着较多种类且设施分散,通过运用物联网远程监控系统,借助传感、计算机、现代网络通信、控制及信息管理等技术,能够远程监视消防设施并对具体状态实时掌握,实现对火灾隐患的快速处理。

3.3 危险源监管预警系统

危险源监管及预警系统涉及了设备、环境、管理及人员等多方面,通过对电网的消防危险源监管预警,计算并设定火灾临界数值,实现更加高效的消防预警措施。通过对历史事故中起火的原因及介质细节分析,完成智能化判断,通过模拟计算得到最终结果,完成整个消防预警过程,在中间环节,可以借助泛在物联网数据,实现电力消防事故的评估,对危险源的管理水平有效提升,为决策者提供更详实、针对性的消防决策建议。通过组建消防安全应对策略库,对火灾预警的不同情况进行智能化科学评级,并结合消防火灾的事件经验,实现自主化消防应对策略学习,通过对火灾消防最佳时间段的准确把握,最大化降低火灾所致损失。火灾危险源的监管预警系统,主要包括监测火灾危险源状态、环境,监管安全隐患并实时管控危险源的物流轨迹、研判危险源,预警监测危险源,制定危险源应急预

警方案,并设立消防应急处置联动平台。该系统可以对电网的潜在危险源隐患精确预知,如图1所示。

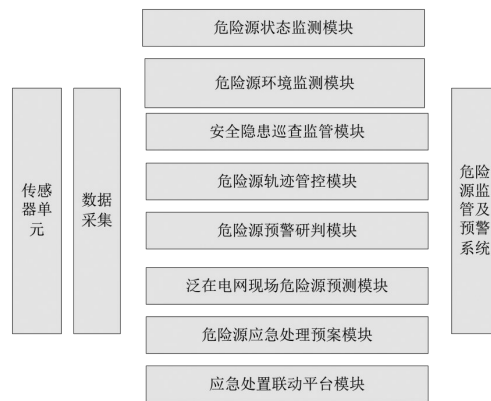


图1 危险源监管预警系统模块

3.4 消防装备物资管理系统

通过运用射频、GPS、无线传感器网络、计算机、现代通信、数据采集等多功能传感器技术相结合,能够实现对消防物质设备的智能化高效管理。消防装备物资管理系统包括了智能调配、监管、应急库智能管理、调配轨迹管控、云计算技术的装备数据分析、全景信息数据库等。该系统能够实现对泛在电力的消防物资管理工作的智能化、信息化、自动化,满足了消防物资装备的统筹管理及资源共享需求。

3.5 消防态势智能管理系统

应用信息化技术和泛在电网消防物联网技术,能够实现计算机、有线或无线通信技术、信息传感、电网之间的充分相融,自动化优化监控及分享信息资源。建立有效的消防传输系统网络平台,能够实现多元化信息的智能集成,提供更高效的服务。还可以对消防现场的灭火态势相关信息进行实时预测,包括现场环境参数、消防工作人员的定位、消防车辆的监测、消防物资设备的智能化管理、火势蔓延预测、消防现场的可视化监管、疏散区域信息发布等,提高泛在电力消防工作的智能水平。

4 基于人工智能泛在电力消防风险预测决策系统及其应用

目前仍然存在对细节信息如起火原因、起火介质等信息的主观误判和信息缺失,人员协调过程时间较长等问题。对于偏远山区的输电走廊,因路途遥远,交通不便,施救人员、消防装备到位慢。对

于负荷密集区的变电站，早晚高峰期交通拥堵不堪，影响施救力量快速到位，两类场景都将贻误最佳灭火时机。

结合北京电网的实际情况，通过提升现有线路和站内的视频监控设备清晰度和通信能力，辅以适当的红外等多频光谱感知设备，同时结合站内现有的消防水喷雾、烟感和红外探测设备，提出以下措施：

一是智能消防无人机基地，根据收到的火情信息自动判断需要出动的消防无人机架次，通过中台的人工智能运算，得出最佳飞行路径和进场投放路径。无人机到达现场后，对现场火情自动再确认，确认投放环境安全后完成投放动作，无人机通过机上可见光红外等感知系统，对投弹后的灭火效果进行再评估。将评估结果实时传输给下一架次的无人机，便于下一架次的无人机提前计算出合理的投放方案，节约进场评估时间。前一架次无人机回基地后再次装弹，并依此类推，直到火情扑灭或地面消防力量到达现场，根据情况自主结束本次灭火任务。整套系统的关键技术攻关包括：火情各方面信息的快速准确识别；无人基地系统快速稳定的动作响应；无人机具备对现场地形地貌、微地形小气候和投掷条件的自主识别。应用人工智能算法，采集现场不同场景下的样本，制作训练集进行训练，提升火情报警准确率。

二是智能消防无人车基地，根据收到的火情信息自动判断需要出动的消防无人车车次，通过中台的人工智能运算，得出最佳行进路径和灭火角度。到达火情现场后，对现场火情自动再确认，确认灭火环境安全后喷射灭火介质。无人车通过车上可见光红外等感知系统，对灭火效果进行再评估。将评估结果实时传输给下一车次的无人车，便于下一车次的无人车提前计算出合理的喷射方案，节约进场评估时间。前一辆无人车返回基地后再次装载车，并依此类推，直到火情扑灭或地面消防力量到达场，根据情况自主结束本次灭火任务。系统实现全过程无人少人化运行，系统的投入把握了最佳灭火时机。

三是应用典型案例研究，挖掘出泛在电力消防物联网收集的海量历史数据、火警信息和实时监测数据，实现火警事件与消防设施监测、电力运行监

控等消防大数据之间的关联关系，并基于深度学习、强化学习、支持向量机等人工智能理论，建立消防风险的人工智能预测模型，实现对火警事件类型、时间、地点以及出现概率的精准预测，实现北京电网消防风险的全景信息掌控、事前智能预测、事中智能决策以及事后智能学习。

5 结束语

泛在电力消防物联网技术涉及了智能通信、计算机、传感器、互联互通等多学科技术集成的多领域综合技术体系，在消防电网的各个层面均全面深入，除了本次文中涉及的相关技术问题，目前在泛在电力消防物联网技术应用中仍然存在一些问题有待解决，包括系统技术通用、安全标准化等问题。

总之经过本次研究发现泛在电力消防物联网技术对消防物联网具有推进指导作用，建立系统各子功能也能够提升电网的消防风险预警、准确评估及智能化决策学习水平。

参考文献

- [1] Wang J, Di Z, Meng L, et al. Discussion of Society Fire-Fighting Safety Management Internet of Things Technology System[C]// Fifth International Conference on Intelligent Systems Design & Engineering Applications, 2014.
- [2] 何湘宁, 石巍, 李武华, 等. 基于大数据的大容量电力电子系统可靠性研究[J]. 中国电机工程学报, 2017(01):233-245.
- [3] 朱城香, 杨俊华, 陈思哲, 等. 智能电网背景下基于人工智能理论的需求响应技术[J]. 陕西电力, 2015, 43(7).
- [4] 曾智虹. 物联网技术在电力系统中的应用探讨[J]. 甘肃科技纵横, 2018, 47(05): 11-13+83.
- [5] Liu S J, Zhu G Q. The Application of GIS and IOT Technology on Building Fire Evacuation[J]. Procedia Engineering, 2014, 71:577-582.
- [6] 孙秋野, 杨凌霄, 张化光. 智慧能源——人工智能技术在电力系统中的应用与展望[J]. 控制与决策, 2018(5): 938-949.
- [7] 胡斌. 人工智能技术在电力系统继电保护中的应用[J]. 电子技术与软件工程, 2017(20): 257-257.
- [8] 雷素军. 关于物联网技术在消防安全重点单位监管的应用探讨[J]. 江西化工, 2017(4): 210-211.
- [9] 郭军红, 申晓留. 省级电力企业经营风险管理决策支持系统研究[J]. 华北电力大学学报(社会科学版), 2016(6): 29-32.

(责任编辑:袁航)

基于泛在电力物联网的变电站施工管控系统的研究及应用

武瑶, 耿军伟, 陈波, 李聪, 周爽, 刘卫国

(北京电力经济技术研究院有限公司, 北京 西城 100055)

摘要: 为提高变电站施工管理的智能化水平, 文章基于泛在电力物联网理念, 构建前端感知设备+智能分析处理的智慧工地系统, 设计了系统架构, 阐明了系统功能, 提供了实施示例。智慧工地系统通过构建感知层、网络层、平台层和应用层, 实现施工现场状态感知实时化、服务在线化、监管透明化和分析智能化。

关键词: 泛在物联网, 变电站, 施工管控, 智慧工地

中图分类号: TM762

变电站作为电力系统中电能传输的重要节点, 是我国电力工程建设的重要内容^[1], 加强对变电站施工过程的管理成为电力发展关注的重要问题。但近年来, 全国多地连续发生多起安全生产事故, 造成重大人身伤亡、财产损失, 安全生产形势严峻。

随着互联网技术迅猛发展和广泛应用, 在国家“互联网+”行动计划推动下, 智能终端设备、云计算、物联网等技术集成应用在施工现场, 利用物联网可以使施工现场数据的获取更加智能、准确和及时, 并可以将管控措施整合到信息系统中, 提高对现场管控的实时性和自动化程度。通过数据融合与分析, 能有效实现工程项目资源整合和集中化管理, 实现工程信息资源的集中共享, 提高工程参建各方的协同效率^[2]。目前, 施工现场的管控系统多是参建各方自发建设, 系统众多, 标准不一, 数据分散存储, 形成资源孤岛。因此, 须建立一套北京电网建设智能管控平台(简称智慧工地系统), 以满足参建各方的管理需要, 实现资源共享, 实现施工现场管控数字化、智能化、在线化和可视化, 提高变电站施工现场管控水平。

1 基于泛在电力物联网理念的变电站施工管控系统设计

1.1 泛在电力物联网的概念

泛在电力物联网本质上是一种物联网, 是泛在物联在电力行业的一种具体表现形式和应用落地。传统互联网利用通信手段将计算机连接起来, 而物联网则是将所有能行使独立功能的普通实物连接起来。对于电力系统而言, 将所有和电相关的实物或

设备进行互联互通, 在某种程度上来说就是泛在电力物联网的重要实现。“泛在”是泛在电力物联网的基本特征, 泛在所体现的无时不在与无处不在; 物联网是泛在电力物联网的具体表现形式, 即泛在电力物联网是一种特殊的物联网; 电力网是物联网技术具体的应用对象^[3]。

泛在电力物联网包括感知层、网络层、平台层和应用层。感知层利用传感器实现数据同源采集, 提升终端智能化和边缘计算水平。网络层为了满足不同类型传感器的接入, 可能包括移动通信、有线互联网、局域网等不同类型, 具有较强的可延拓性。平台层则将网络层传输的数据统一存储和管理, 实现资源共享。应用层是泛在电力物联网的核心目标, 通过电力与信息互联互通, 为用户提供控制与决策支持, 孕育全新的商业模式和新兴业务, 致力于营造新的业态。

1.2 系统架构

智慧工地系统以泛在电力物联网为基础, 在变电站的施工过程中通过人脸采集、射频识别(RFID)、红外感应、人员定位、微气象采集等信息传感设备, 严格按照工程项目之前设置、规划好的协议将各项要素、物品进行连接, 在互联网、云计算环境下实现信息交互与资源共享。通过智能化识别、关键人员跟踪定位、操作管理与视频监控等方式, 实现对现场施工作业的全方位、智能化管控, 在工程项目管理人员的视野中, 就是一种“实况直播”^[4]。

智慧工地系统架构如图1所示, 将电子标签、传感器、自动控制等技术植入到施工机械、人员等

生产要素中，在施工作业中、主要通道中布置监控设备。各类终端设备组成物联网，利用APN专网将工地前端视频、在场人员、噪音、扬尘等各种监控信息上传到指挥中心，实现施工现场信息远程可视，支持设计、建管、监理、施工等专业对工程施工全方位、全过程、全天候的实时监控，能够及时发现、处置、解决变电站建设过程中出现的进度、安全、质量等问题，最终实现施工现场的智慧、绿色的建造目标。智慧工地系统各层级功能和组成如表1所示。



图1 智慧工地系统架构图

2 功能模块

基于感知层的状态实时获取，实现对施工现场的多维度远程管理；通过系统的智能告警，实现对施工隐患的精准化处置；依托数据统一存储，实现对施工过程的历史追溯和精准分析；通过访问平台或移动终端App，实现各类用户的便利化、移动式交互管理。

2.1 人员管理子模块

利用人脸识别技术，根据每个工作人员ID，生成身份识别二维码，对接进出场刷卡闸机系统，统计分析工程现场人员进出情况，判断业主、施工、监理3个项目部人员是否满足现场配置要求，减少因工地现场人员不能准确管控所产生的安全疏漏，保证现场人员准确性；根据地图标注，以四角为限，划定施工安全电子围栏，通过App现场定位，检查施工关键人员（如工作负责人）是否按照要求到岗到位，实现对施工各类人员达标配置、到岗到位管理。

表1 系统各层级功能和组成

层次	功能说明	组成说明
感知层	全面采集施工现场各类信息,包括人员、环境、施工进度等。	视频监控系统:固定+移动2种摄像机;传感器子系统:温湿度、倾角、防碰撞、重量、风速、高度等各类传感器,电子标签;GPS定位装置。
网络层	实现不同终端、子系统、应用主体之间的信息传输与交换 ^[1] 。	采用专用光纤通讯方式,特殊情况不具备开通专用光纤的地区,采用4G网络传输。站内各终端设备的通讯采取有线方式或无线Wi-Fi方式实现。
平台层	把感知层感知的信息根据不同的应用与业务需求进行分析和处理,以实现物联网的各种应用。	网络设备、服务器、视频存储及智能分析服务器。
应用层	支持使用单位通过系统实时管控施工现场。	人员管理子模块、违章识别子模块、进度管理子模块、环境综合监测子模块等。

2.2 违章识别子模块

结合视频监控系统实现对施工人员重大风险作业和施工关键环节的全程监控，在施工人员出现不规范作业时，系统利用图像智能识别技术，实现工程现场违章自动识别，并通过短信或者手机App报警提醒，对重大风险作业和施工关键环节进行全程监控，辅助管理人员实现远程管理，规范现场作业行为。

2.3 进度管理子模块

项目管理人员根据进度网络计划制定二级网络计划，通过公司里程碑计划的录入，各级管理人员可以实时获知进度计划，及时对比实际进度情况并采取纠偏措施。以月为单位统计各工程进度滞后情况，实现对进度计划调整的预判、预控；以年为单位录入该年度特殊事件影响情况，为后续工程建设排定合理工期提供依据。工程进度计划调整和变更在系统中留存痕迹，明确调整的原因，杜绝随意改动计划的现象。利用电子标签、传感器等先进技术手段，增加里程碑进度计划，实现对关键节点的智能提醒和管控，使系统更好地服务于工程建设的全过程。

2.4 环境综合监测子模块

采用传感器技术，实现对环境每小时40次的监

控,保证变压器、组合电器等重要设备安装环境的温度、湿度等符合操作规程要求。同时,实时监控施工现场的噪音,检测范围可达0~140 dB、精度达0.1 dB,并把噪声转化为数据提示,实现绿色、环保施工。

2.5 塔吊运行监控子模块

用于实时获取塔吊当前吊装荷载及环境风速等参数,实时监控塔吊作业运行情况,进行塔吊碰撞风险预警、制动控制,保障塔吊作业安全。智慧工地塔机运行监测系统利用传感器技术与先进的防撞算法相结合,实时监测塔吊各部件的位置状态、载荷物的重量以及作业区风速风向,能有效防止塔吊碰撞和倾覆事故的发生,提高驾驶塔机的安全系数。

2.6 基坑沉降监测子模块

在地下变电站等容易发生基坑沉降的变电站施工现场“无死角”布置沉降监测点,监测数据定期上传,系统根据阈值判断,自动显示分级预警,智能提示解决方案,各级管理人员通过监控分中心或手机终端App及时获取信息,快速处理,有效杜绝安全风险。

3 应用实践

国网北京市电力公司依据上述系统设计,开发了一套变电站施工的智能管控系统—北京电网建设智能管控平台(简称智慧工地系统)。其主界面如图2所示。系统基于现场上传的各类视频、数据信息,结合数据结构化以及可视化地图,视频数据结构化智能分析,集成了工程概况、工程进度管理、告警信息及违章信息等功能,实现变电站施工监管业务可视、指挥便捷。

以北京市某220 kV变电站为例,根据现场情况,在施工区主厂房四角布置4台全方位枪式摄像机,施工区安装环境监测装置1台,劳务人员通道3台,塔吊监测系统1套。室内1楼楼道安装1台全方位球型摄像机,2楼楼道安装1台球型摄像机,同时加装2台移动式布控摄像机。

当变电站接入到智慧工地系统以后,系统可以实现该项工程6个功能子模块,各专业人员可以通过系统实时获取现场的信息,时刻把控施工进度,及时处理现场违章作业。



图2 智慧工地系统主界面

4 应用效果

4.1 安全管理方面

系统满足建管、监理、施工等专业的项目管理需求,通过系统的自动识别及告警功能,实现对施工现场的安全风险预警。利用“远程监护”和“到岗监督”双重手段,监督相关人员在重大安全风险作业过程中的到岗到位情况,实现“远程监护”和“到岗监督”。系统上线以来,共检查了75项工程,检查人员到岗情况10122次,有效减少安全事故,切实做到安全文明施工。

4.2 数据管理方面

应用系统规范施工关键环节影像采集流程,收集项目施工过程资料,打破专业壁垒,对工程进度、各节点视频、文档等资源进行统一管理、存档、展示,建立变电站施工管理数据库。各级管理人员可以根据工作需求,随时调取相关资源数据,实现一次采集,多次使用,为深入挖掘数据价值奠定基础。

4.3 项目管理方面

利用视频监控系统远程监控施工现场进度,在系统中实现施工、监理、业主3个项目部对施工进度计划的在线编审批程序,项目管理人员根据施工进度计划与现场实际进度逐一对比,并依据电子标签及传感器验证现场人员配置和机械进场情况,对施工进度进行实时改进和纠偏。系统上线以来,工程竣工结算按期完成率达到了100%。

4.4 质量管理方面

建立统一的变电站施工过程检查标准及安全控制策略,各级管理人员对现场施工流程各关键环节进行实时监督,频次加大、管控力度加强,质量巡检工作效率提高5倍以上。系统统一存储对隐蔽工

(下转第26页)

基于RFID技术的电力设备 分布式台账云管理研究

郭治锋, 张慧颖, 刘丁华, 翟晴

(国网北京电力经济技术研究院有限公司, 北京 西城 100055)

摘要: 将RFID技术和云存储技术, 应用到电力设备的台账信息管理系统中, 以推动电力设备台账的信息化建设, 提高设备台账信息的准确性和时效性, 并且通过云服务来解决大量数据信息的存储问题, 使电力工作人员使用台账更加灵活、方便。

关键词: 电力设备; 台账; RFID技术; 云存储

中图分类号: TM764

设备台账是电网设备管理过程中的一项重要记录手段, 所有电力设备的基础信息都应当通过台账进行调阅、查询、修改。台账的准确性影响到规划、生产、经营安全及客户服务等核心业务, 所以做好电力设备的台账管理是电力企业的一项重要工作。目前电力设备的台账管理, 需要集中的存储服务器, 对于变电站、输电线路和低压台区等大量的设备信息, 都要通过后台的服务器进行录入、修改、查阅, 业务量大, 且不能实现随时随地的查阅, 给电力运维人员带来了较大的麻烦。随着物联网技术的逐渐成熟, 对电网设备的台账管理提出了更高的要求^[1-2]。

通过采用RFID技术对电力设备进行标签化管理, 同时将电力设备的所有台账信息放入云存储平台, 利用手持终端对电力设备的标签进行识别, 则可实现就地调出设备的台账信息, 并根据权限设置进行台账信息的录入和更改, 将极大地方便运维人员对于台账的管理和使用。

1 RFID技术

射频识别(RFID)技术, 是一种利用射频通信实现的非接触式自动识别技术。通过无线、电信号识别特定目标并读写相关数据, 而无须识别系统与特定目标之间建立机械或光学接触, 并且RFID技术具有抗干扰及穿透能力强定位范围广等优势, 相比红外线、超声波、GPS等技术具有更好的适应性与优越性^[3-4]。

将RFID技术应用到电力设备的台账管理中, 可

建立一个由RFID电子标签、手持终端、后台服务器3部分组成的系统, 如图1所示。电子标签可分为无源标签和有源标签, 该系统中, 对于电力设备的RFID标签可采用无源标签, 以RFID电子标签作为媒介来实现设备台账和现场设备的映射关系, 当运维人员持终端设备到目标电力设备附近时, 可随时实现终端与电子标签之间的联动。当电力设备信息发生变动时, 终端设备可自动跟踪更新, 使得任意时刻的设备状态有章可查, 以此来实现设备台账的分布式处理。

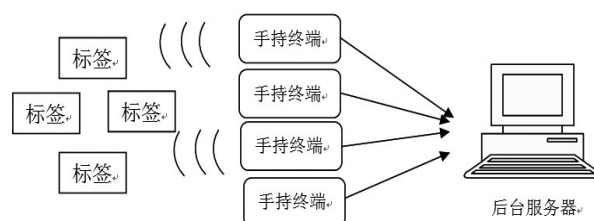


图1 RFID标签系统总体设计

通过RFID技术管理台账可以实现以下几个优点。

1.1 台账信息内容更加丰富

由于RFID标签是一种电子化标签, 其所蕴含的设备信息比实体的标牌更加丰富。现场识别RFID标签, 实际上是映射到后台服务器, 接入到后台的全方位的台账信息。这就加大了信息的存储量, 并且同时还可以通过加密方式防止信息外泄, 并根据权限设置来控制对不同需求方的数据浏览权限^[5]。

1.2 确保台账信息的一致性

电力设备的电子标签在施工过程中及数字化移

交前由手持终端设备写入诸如设计图纸信息、功能位置、主管部门等信息，竣工验收后生产部门写入设备属性编码，以及其他部门所需要的信息均可写入。电子化标签为多个业务部门共同使用，做到一个设备仅一个身份标签，将后台数据与设备实体信息对应，避免了台账与实物不符的现象发生^[6]。

所有开通手持终端权限的人员均可通过终端设备来读取识别电力设备的台账信息，台账的信息量大，又互相不冲突，实现了信息流的并行不悖，运维人员各取所需，方便了工作人员的使用维护。

1.3 实现台账信息的就地读写

传统的台账记录，集中保存于管理室的后台存储器中，无论是对电力设备台账信息的读取还是更改，都要由工作人员到相应的管理室进行操作处理。对于小型的变电站，如果反复往来于管理室还可以被接受的话，那么大型变电站、输电线路的电力设备台账信息的读写则会给工作人员带来较大的麻烦。

如果采用RFID标签系统，工作人员只要随身携带一个手持终端设备，即可在设备附近对台账信息进行读取，当对设备进行完试验、消缺等工作后，还可以就地对设备的台账信息进行更新、修改，保证了台账信息的及时性和可追溯性，同时也避免了工作人员往返于设备与管理室之间查找信息的弊端。

1.4 可以作为现场作业巡视的记录点

电力设备运行期间，须开展设备日常的巡视检查及缺陷、维护、检修等一系列业务处理，因此对于工作人员的到位情况管理也是非常重要的。工作人员通过手持终端对电力设备的RFID标签识别的同时，也是对自身工作的一次记录，所以可以利用该系统对工作人员进行到岗到位管理。

2 云存储的功能及特点

随着互联网的普及以及上网人口的大量增加，云技术已经逐渐走进到我们的生活当中，我们现在所指的云一般由云计算和云存储两个概念组成。云存储是指通过集群应用、网络技术或分布式文件系统等功能，将网络中大量各种不同类型的存储设备通过应用软件集合起来协同工作，共同对外提供数据存储和业务访问功能的一个系统^[7]。

云存储是一种虚拟化技术，它具有强大的计

算和存储能力，这一特点非常适合庞大的台账信息数据。并且云存储还具有较强的数据容错能力，即如果某个节点发生故障，云管理系统会及时查证并进行修复，这就保障了云存储环境的安全性。另外，云存储减少了用户安装后台服务器，其自动化管理大幅度降低了数据中心的管理成本，使得用云存储来代替后台服务器存储成为一种经济的选择^[8]。

电力系统涉及的电力设备种类繁多，数量庞大，涵盖着海量的信息数据，特别需要一种先进的存储手段来解决数据存储、读写、更改的问题，将云存储技术应用到电力设备台账管理的领域当中，是一种可以考虑的思路。

3 云存储在分布式台账中的运用

根据上文内容可知，通过采用RFID技术，可以实现电力设备台账信息的就地读写，但是仍然离不开一个固定的后台服务器，由此将带来服务器的容量问题和服务器与手持终端之间的远距离通信问题。此时，若采用云存储技术，则可以实现电力设备台账信息存储的灵活性。其设计思路如图2所示。

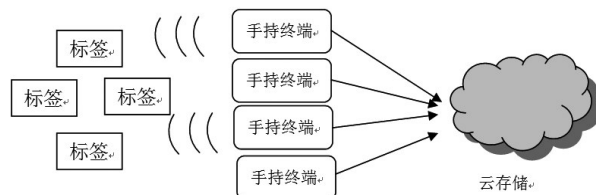


图2 分布式台账的云存储设计

利用分布式台账的云存储设计，手持终端与标签之间通过RFID技术实现互动，手持终端与云存储之间通过通信模块实现互动。RFID标签作为手持终端与云存储之间的映射媒介，将与电力设备有关的所有信息存储在云存储器中，再利用手持终端实现数据信息的应用。

通过云存储手段，可以将电力设备的台账信息保存在云服务器，节约了后台服务器的存储空间。保存在云服务器的信息可包括整个配电网设备、功能位置的基本信息及技术参数，同时能够存储设备运维信息、缺陷信息、检修作业信息、试验报告信息等，也可包括设备台账的运行维护检修记录、现

场维护检修工作记录、日常巡视等信息。

不同的台账信息对应着不同的作业需求，云存储系统可以支持判断根据不同人员权限，展示不同设备信息内容。通过加密技术对人员的权限进行管理，实现人员信息的管理功能，进而区分作业人员和非作业人员，作业人员可对云存储器中台账信息进行修改，而非作业人员只能具备查看功能。

以10 kV配电网中的柱上变压器维护为例：

10 kV配电网中涉及的线路和站室点多面广，线路距离比较长，站室布置比较分散，电力设备的台账信息保存在固定的服务器中，但大部分电力设备距离供电所的资料管理室较远。

在传统的台账管理方式中，当某台柱上变压器进行作业时，为了解该柱上变压器的具体情况，作业人员须在固定的资料管理室内查找柱上变压器的相关台账信息，并根据具体信息制订出作业方案，在做好功课后方能去现场的柱上变压器进行检修、试验等作业内容。当对柱上变压器完成作业后，柱上变压器的相关台账信息实际上是发生了变化，但此时工作人员无法在现场将作业更新后的设备信息录入台账，这就需要作业人员再返回资料管理室利用固定的存储设备来修改电力设备台账信息。如果中途发生台账信息方面的疑问，工作人员无法在现场确认设备的准确信息，需要返回资料管理室重新查阅，或者电话咨询其他人员帮忙代查，给工作带来了许多不便。

如果采用分布式台账的云管理系统，作业人员只需利用手持终端识别柱上变压器的RFID标签，即可方便地读取到该变压器在云存储器中的相关台账信息，实现现场查阅。当作业完成后，工作人员可随即对变压器的台账信息进行更新，现场将工作情况通过手持终端写入云服务器，所有工作可实现就地处理，对于后续到该变压器工作的人员只需通过云服务器即可获得电力设备最新台账信息，这为作业人员带来了极大地便利。

另外，当工作人员通过手持终端识别和读写台账信息时，也是对工作本身的一次验证，可以作为对工作人员到岗到位的一种检查手段和实现责任追究的一种方式，不仅方便了对电力设备的管理，也方便了对人员队伍的管理。

4 结束语

将RFID技术应用于电力设备台账信息，可实现电力设备信息的分布式管理，有利于台账信息与电力设备的一致性，更有利于台账信息更新的及时性，对于工作人员使用设备台账变得十分灵活。同时将云存储的理念引入到设备台账的存储管理，能很好地解决大量的台账信息数据存储问题。

当今社会科技发展日新月异，通讯手段也越来越发达，利用现在先进的通信手段，将设备、人员、云三者之间联系起来，符合泛在电力物联网的内在需求，在电力资产管理应用中具有广阔的推广应用前景。

参考文献

- [1] 孙建连. 电力设备台账基础管理现状分析[J]. 安徽水利水电职业技术学院学报, 2014 Vol.14 No.4;
- [2] 秦理. 基于无线射频识别的电力设备全寿命周期管理[J]. 南方电网技术, 2014 Vol.8 No.3;
- [3] 刁立新. 基于RFID射频识别技术的仓储管理系统设计与实践[J]. 物联网技术, 2019, 3;
- [4] 申思涵, 洪涛, 等. 基于RFID的智能图书定位系统[J]. 物联网技术, 2018, 12;
- [5] 何明, 等. 基于二维码技术的配网设备台帐移动采集工具研究与应用[J]. 计算机产品与流通, 2019, 1;
- [6] 陈明, 刘翔. 电力EPC在物联网的应用研究[J]. 电力信息化, 2011, 12;
- [7] 郭嘉. 以云存储平台助力电力企业信息化[J]. 贵州电力技术, 2013, 11;
- [8] 鲁娟利. 基于云存储的高校数字化教学资源优化研究[J]. 内江科技, 2019, 3.

作者简介

郭治锋(1985—),男,硕士,高级工程师,输变电设计评审。
张慧颖(1991—),女,硕士,工程师,输变电设计评审。
刘丁华(1989—),男,博士,工程师,工程建设管理。
翟晴(1989—),女,硕士,工程师,输变电设计评审。

(责任编辑:刘艳玲)

更正

本刊2019年第6期《输电线路防雷接地设计的问题与改进方法探讨》一文,其作者信息应为:潘崇杰(中山市电力工程有限公司,广东中山528455)。特此更正。

基于泛在互联的电缆班组资源管理优化新模式

熊俊, 刘青, 王金双, 李宁

(国网北京市电力公司电缆分公司, 北京 东城 100022)

摘要: 目前, 电缆专业的泛在电力物联网建设平台已经初具雏形, 能实时在线监测电缆设备。但是, 对于绝大部分班组而言, 还停留在传统的“离线”管理模式, 现有手段缺乏对班组的人力、物力等资源的实时“在线”管理。通过泛在互联的相关技术实现对班组资源信息实时掌控、资源动态调度优化、电缆隧道全息建模与全景定位展示以及施工检修现场自动导航等功能, 有助于提高施工计划的科学性以及现场生产的管理水平, 真正实现班组层级的“万物互联”, 推动电缆专业泛在电力物联网建设的全面发展。

关键词: 泛在互联; 班组; 资源; 调度优化; 全息建模

中图分类号: TN915

随着城市化建设进程的发展和人民生活水平的日益提高, 城市内中长距离输电一般采用高压电力电缆的输电方式, 特别是北京、上海等一线城市^[1]。虽然, 北京电缆专业泛在电力物联网建设平台已经初具雏形, 但是针对班组资源的掌握还有待加强, 目前该平台具有实时在线监测电缆设备状态, 同时也可通过 App 派单的形式了解班组人员的动态^[2]。但是, 对于绝大部分班组而言, 还停留在传统的“离线”管理模式, 现有手段缺乏对班组的人力、物力等资源的实时“在线”管理。据目前的电网规划和施工要求, 新建电缆线路工程大部分都是通过地下隧道等施工环境复杂的地区。面对如此艰险的施工任务和工作环境, 既要保证参建人员安全, 又要保证工程建设质量可靠。因此, 如何搭建起以班组资源为中心的泛在电力物联网平台成为泛在电力物联网建设的重点之一。

针对上述问题和发展要求, 本文预计实现班组资源信息实时掌控、资源动态调度优化、施工隧道全景定位展示以及施工检修现场自动导航等方面的功能, 进一步夯实电缆专业泛在电力物联网的基础。

1 新模式下需求分析和总体设计

本研究将 RFID、三维可视化全景技术、地理信息系统技术框架支撑技术相结合^[3-5], 用全景技术模拟成三维空间的 360° 全景景观, 通过专业相机将现实世界的空间场景捕捉下来, 利用软件将多幅平面

照片拼接合成; 用三维数字化形式来整合输电线路走廊地形地貌信息和设计数据, 实现直观展示输电线路工程, 将有助于提高工程精益化管理水平并加快统一智能电网建设的信息化; 构建的三维数字化可视化系统, 主要包括班组资源信息实时掌控、施工隧道全景定位展示以及施工检修现场自动导航。

系统总体功能需求初步设定如图 1 所示。

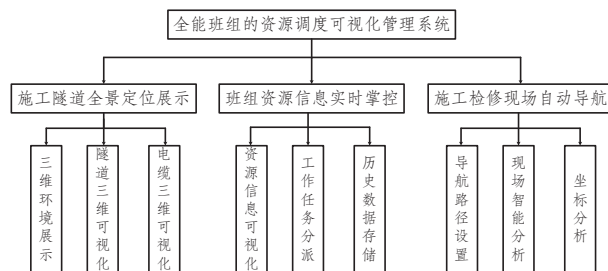


图1 系统功能模块图

本系统实现目标是: 采用三维可视化技术, 实现电缆设备成果的三维可视化, 真实展现电缆工程地理环境; 根据检修、抢修、工程情况实时展示班组资源信息; 施工检修现场自动导航, 实现隧道或地面-隧道的全程导航。

结合需求分析, 将本系统功能划分为几个模块或子系统, 采用模块化设计。本系统按功能需求, 拆分模块形成功能构架图如图 2 所示。

2 新模式下的泛在互联技术研究

为了构建出北京市地下电缆设备 3D 地图, 计划

应用地下电缆全息建模方法。大体思路可分为2个主要技术：电缆设备3D坐标获取；VR全景建模。

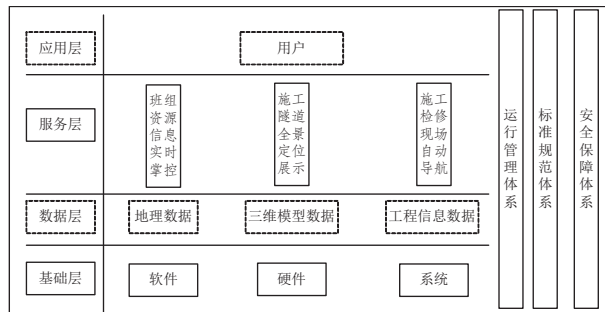


图2 泛在电力物联网四层结构图

2.1 电缆设备3D坐标建立

首先需要获取电缆的相关信息，然后将信息写入电子标识器，进而得到所有地下隧道内电缆的属性以及相关信息。考虑到北京特殊的地质条件，本文采用电磁法探测电缆走向以及3D坐标等相关数据。该方法具有操作简单，抗干扰能力强，精度高，等优点。RFID可实现非接触自动识别，能在地下隧道等条件恶劣的情况下进行标签识别，通过射频信号空间耦合，实现无接触新型传递。

地下电缆设备3D坐标是为测绘地下电缆和今后自动导航寻找地下管线特征点及其附属设施中心点附近设置的地面标志点或地下电子信息标识器。

2.2 VR全景建模

结合精益化管控平台地图(二维)API接口提供的坐标数据，模拟沿线隧道三维地理环境，线路的主要电力设备模型，塑造三维场景的正确位置；通过专业相机将现实世界的空间场景捕捉下来，利用软件将多幅平面照片拼接合成，并模拟成三维空间的全景地图，如图3所示。

3 新模式下的资源优化模型研究

新模式下的资源优化模型是电缆班组资源的时间-费用权衡模型^[6-8]，该模型实际可完成3个目标：第1个是在确定的费用下如何确定工期；第2个是在确定的工期下，如何确定资源的调度；第3个是设定费用、工期在可承受的范围内对该工程或工程群进行最优化安排。

3.1 问题描述

设有 N 个工序，每个工序有 M 个相同的接头单

元(例如，电缆线路上具有多个相似的电缆中间接头)。工序1是开始工序，工序 N 是结束工序。工序 $i, (i = 1, \dots, N)$ 的施工情况与它的紧前工序有关，需与紧前工序满足结束-开始的时间约束。工序 i 的第 j 接头单元表示为子工序 a_{ij} ，并且有 K_i 种执行模式。 a_{ij} 的工期用 $d_{ijk}, k = 1, 2, \dots, K_i$ 表示，变量 k 表示执行模式选择。

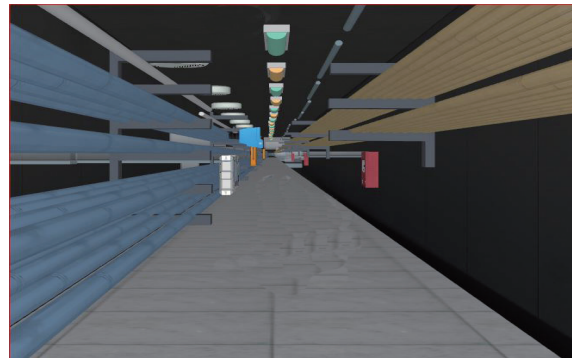


图3 三维空间的全景地图

项目的总费用由以下部分组成：直接费用(D_c)，间接费用(I_c)和所有工序的资源闲置费用(I_{RC})。各部分费用具体计算如下：

式(1)计算项目直接费用(D_c)，由项目中每个工序各接头单元的材料费用(M_c)、劳动力费用(W_c)、设备费用(E_c)之和构成。

$$D_c = M_c + W_c + E_c =$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (M_i \cdot Q_i^j + d_{ijk} \cdot C_{ik} + d_{ijk} \cdot E_{ik}), (k \geq 1). \quad (1)$$

式中： M_i 为工序 i 的中间单位接头材料费用； Q_i^j 为完成工序 i 单元 j 所需材料数量； C_{ik} /天为劳动力费用； E_{ik} /天为设备费用。

式(2)计算项目间接费用(I_c)，由项目中每天对应的费用之和构成。

$$I_c = \sum_{d=1}^D I_{CRd}. \quad (2)$$

式中： I_{CRd} 为第 d 天的间接费用； D 为项目的总工期。

式(3)计算资源闲置费用(I_{RCi})。资源闲置费用是由于承包商执行模式选择不当，造成资源闲置所产生的费用。若工序 i 须保证资源恒定性约束， I_{RCi} 等于所选择执行模式的劳动费用率与中断天数的积。否则，若工序 i 无资源恒定性约束， I_{RCi} 等于所有可选执行模式中劳动费用率最高值与中断天数的积。

$$I_{RCi} = \begin{cases} \sum_{j=1}^M x_{ijk} \cdot C_{ik} \cdot I_{NTi}, i = 1, 2, \dots, N, k = 1, 2, \dots, K_i, R_i \in \Theta \\ \max_{k=1 \dots K_i} \{C_{ik}\} \cdot I_{NTi}, R_i \notin \Theta. \end{cases} \quad (3)$$

式中： x_{ijk} 是二进制数(如果子工序 a_{ij} 在模式 k 下执行， x_{ijk} 取1；否则， x_{ijk} 取0)； I_{NTi} 是工序 i 的中断天数； R_i 表示工序 i 资源恒定性约束；集合 Θ 表示所有工序的资源恒定约束关系。

3.2 数学模型

目标函数：

$$\min TC = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^{K_i} [(W_{cij} + E_{cij}) x_{ijk} + M_{cij} + I_{RCi}] + I_C. \quad (4)$$

约束条件：

$$s_{ij} + d_{ij} \leq s_{pj}; \quad p \in (j, N), i = 1, 2, \dots, N, j = 1, 2, \dots, M; \quad (5)$$

$$d_{ij} = \sum_{k=1}^{K_i} x_{ijk} \cdot d_{ijk}; \quad (6)$$

$$\sum_{j=1}^M y_{ijl} (s_{ij} + d_{ij}) - \sum_{j=1}^M y_{ij(l+1)} s_{ij} \leq 0, \quad i = 1, 2, \dots, N, l = 1, 2, \dots, M - 1; \quad (7)$$

$$\sum_{l=1}^M y_{ijl} = 1, i = 1, 2, \dots, N, j = 1, 2, \dots, M, \quad I_{NTi} = 0, i \in \Phi; \quad (8)$$

$$I_{NTi} = \sum_{j=1}^M y_{ijM} (s_{ij} + d_{ij}) - \sum_{j=1}^M (y_{ij1} \cdot s_{ij} - d_{ij}); \quad (9)$$

$$x_{ijk} - x_{i(j+1)k} = 0, \quad i \in \Theta, j = 1, 2, \dots, M - 1, k = 1, 2, \dots, K_i; \quad (10)$$

$$\sum_{j=1}^M y_{ijl} = 1, i = 1, 2, \dots, N, l = 1, 2, \dots, M; \quad (11)$$

$$F_i \leq T_{\max}, j = 1, 2, \dots, M. \quad (12)$$

式中： i 为工序数； j 为单元接头数； N 为工序总数； M 为单元接头总数。目标函数(4)最小化项目总成本。约束(5)表示在同一工序中子工序 a_{ij} 完成后子工序 $a_{i(j+1)}$ 才可能开始， s_{ij} 表明子工序 a_{ij} 的开始时间。约束(6)(7)要求每一工序需满足给定的逻辑施工顺序，即子工序 $l+1$ 只能在子工序 l 结束后才能开始(如果子工序 $a_{i(l+1)}$ 满足条件， y_{ijl} 取1；否则， y_{ijl} 取0)。约束(8)表示每个子工序只能有一种逻辑调度顺序。约束(9)表明为了满足工作连续性约束，中断时

间必须为0，集合 Φ 表示所有工序的工作连续性约束关系。约束(10)要求所有满足资源恒定约束的工序均需执行同样的执行模式。约束(11)表示任一子工序仅有一种施工顺序，同一工序内的任何两个子工序不能同时施工。约束(12)要求项目的工期不能超过给定的最大工期限制 T_{\max} 。

4 新模式下的应用场景

场景一：班组资源实时把握，安全实时防护。

通过RFID电子标签等标识获取电缆设备3D坐标，配合全息建模应用，可实时查看班组资源的情况，并实时收集班组人员现场收集的抢修或巡检数据，确保高压电缆通道抢修或巡视的工作质量。

应用自动驾驶技术，获取规模化线路图像，并实时获取现场缺陷、设备受损情况，确定设备缺陷的类型、等级等信息。通过已建立的资源优化调度模型和算法，汇总目前的所有工作，并将班组的资源进行初步分配(人力，物力等)；研究各个工作中工序的联系，以及各个工作之间的联系，将资源进行再次分配，最终形成一个资源调度统计表。对全能班组的资源分别加载到“电缆地图”，可查看目前所有工程情况以及进行局部3D可视化展示，查看资源的具体属性(所处环境、状态、工作内容等)。可通过点击地图内的任意作业面，进行实时工作场景展现。检修作业过程中，通过呼吸、体温、脉搏、血压等监测设备，实时监控作业人员生命体征状态，实现对不良体征状态的检修人员进行提前预警，确保作业人员工作状态良好；依托音频等智能穿戴设备，主动告知作业人员检修内容、检修流程、检修过程中的危险点和注意事项等，确保作业人员熟悉检修全流程；依托视频监控设备、智能安全帽等穿戴装备，对作业人员违规操作、误入非检修区域等危险作业行为提前进行预警，提升检修作业安全防护水平。

场景二：电缆故障快速定位，实现班组智能抢修。

通过完善平台中的地理位置信息，实时监控线路故障，一旦发现现场某处故障，在应用层，基于GIS地理信息图电缆及架空线路图形，根据分布式故障诊断结果，确定线路故障区段，实现故障点地理位置的快速定位；通过故障时电缆本体

状态、通道环境的感知信息，融合雷击定位、缺陷隐患、通道三维模型等多源系统数据，实现故障点精确定位与故障原因初级分析，并提供后续处理方案和决策建议；班组人员可通过VPN专网将“电缆地图”提供给班组人员，并结合百度地图的地上导航功能API接口，实现隧道或地面-隧道的全程导航。班组人员迅速启动故障应急抢修预案，应用电缆故障快速恢复技术，并通过自身的可穿戴设备，后台实时获取施工现场的资源立体信息。

5 结束语

通过对北京电缆设备现状的深入分析，制定了基于RFID无线射频识别技术的班组资源管理系统，并重新对电缆设备进行全息建模，辅以资源优化模型进行班组资源动态优化调度，VR全景技术，结合平台现有的在线监测技术，建立电缆在线监测与线下结合的智能联系，将所有信息全展示在电缆运行状态时空分布图里，为电网的智能运维提供技术支持，为电缆专业“做实运维，做强检修，做精专业”起到了关键作用，是实现坚强智能电网目标的强有力帮手，是坚强智能电网和泛在电力物联网建设的典型成果，是国家电网公司2019年推进“三型两网，世界一流”战略的基层落地。

参考文献

- [1] 邹红飞. 电线电缆行业的发展状况、趋势、市场分析及存在的问题分析[J]. 电世界, 2018(4): 35-39.
- [2] 刘皓, 闫春江, 赵永强, 等. 电缆网精益化管理系统研究[J]. 电气技术, 2018, 19(4): 87-91.
- [3] 刘爱民. 图书出版业RFID电子标识技术的数据安全性研究[J]. 科技与出版, 2017(4): 82-84.
- [4] 赵康. 基于GIS的虚拟景观平台设计与实现[J]. 测绘科学, 2017, 42(3): 165-168.
- [5] Liu Y, Zhang H. Three-dimensional campus 360-degree video encoding VR technology based on OpenGL[J]. Multimedia Tools & Applications, 2018(3): 1-9.
- [6] Amiri M J T, FarshidReza Haghighi, Eshtehardian E, et al. Multi-project Time-cost Optimization in Critical Chain with Resource Constraints[J]. Ksce Journal of Civil Engineering, 2018, 22(10): 3738-3752.
- [7] LOB中基于学习—遗忘效应的费用权重问题研究[D]. 华北电力大学, 2015.
- [8] 张立辉, 邹鑫, 乞建勋. 考虑软逻辑的重复性项目离散时间费用权重问题[J]. 系统工程学报, 2013, 28(4): 554-

561.

作者简介

熊俊(1990—),男,硕士,工程师,高压电力电缆检修与运行维护。

刘青(1984—),男,硕士,高级工程师,高压电力电缆检修,电缆试验。

王金双(1974—),男,本科,高级工程师,高压电力电缆检修与运行维护。

李宁(1983—),男,本科,高级工程师,高压电力电缆检修与运行维护。

(责任编辑:刘艳玲)

资讯

国家电网全力抗击超强台风“利奇马”

2019年第9号台风“利奇马”于8月10日1时45分前后在浙江省温岭市登陆，登陆时强度为超强台风级，中心附近最大风力16级。截至12日7时，共造成浙江、上海、江苏、福建、山东、安徽、辽宁公司72座35 kV以上变电站、4330条10 kV及以上线路、9.97万个台区、676.95万用户停电。

“利奇马”是今年以来登陆我国的最强台风，造成多地电力设施受损。国家电网公司高度重视、积极应对强台风灾害，超前做好台风“利奇马”防御工作，于8月7、8、9日连续发布蓝色、黄色、橙色、红色预警，要求各相关单位提前做好各项准备，受到台风影响后立即启动应急响应，科学高效组织抢修工作。各单位立即启动应急机制，加强监测监控，调配抢险队伍、救援装备和物资，合理安排电网运行方式，加强输变配设备的巡视检查和隐患排查，做好各项应急准备工作，确保电网安全稳定运行。

面对“利奇马”带来的灾害损失，国家电网公司相关单位迅速行动、国网浙江、福建、上海、江苏、安徽、山东、辽宁电力累计投入抢修人员10.76万人、车辆3.23万台、发电车215辆、发电机846台、大型抢修机械345套、应急照明装置2153套。广大电网员工在抗台风一线砥砺初心，全力抢修保供电，充分体现了“电网铁军”精神。

截至8月12日7时，已抢修恢复71座35 kV以上变电站、3964条10 kV及以上线路、9.65万个台区、604.57万用户。国网福建、上海、安徽、辽宁电力所有停电线路和用户已全部恢复。

来源:党组宣传部,公司相关单位,《国家电网报》

有监督机器学习算法在充电设施 状态评估中的应用

李亦非, 王芳, 李蕊, 宋玮琼

(国网北京市电力科学研究院, 北京 丰台 100045)

摘要: 介绍了一种有监督机器学习的典型算法C4.5决策树分类算法, 在分析充电设施故障主要原因的基础上, 建立了充电设施运行状态模型, 评估了模型性能, 并根据该模型计算出来的设备状态进行了现场排查, 验证了模型的准确性。该方法可以有效提高充电设施运行状态的准确性, 避免故障误判, 提高了现场故障处理的工作效率。

关键词: 充电设施; 非车载充电机; 机器学习; 决策树; 运行评估

中图分类号: TP181

北京新能源汽车保有量约为22.5万量, 位居全国前列, 根据《北京市打赢蓝天保卫战三年行动计划》, 北京市计划到2020年, 新能源车保有量达到40万辆左右。电动汽车销量的快速增长和保有量的不断提升, 对电动汽车充电服务领域提出更高要求。截至2019年5月底, 国网北京市电力公司共运营1240座充电站, 14828台充电桩, 其中直流充电桩10175台, 交流充电桩4653台。充电设施总功率为100.6 MW, 投运以来的充电量为1.39亿kWh, 为北京地区的电动汽车发展提供了良好支撑, 为节能减排和大气污染防治做出了重要贡献。

确保充电设施的良好稳定运行是充电设施运营企业的重要工作, 由于充电设施建设速度快、使用频度高、生产厂商多, 造成了运行过程中存在一定比例的异常。同时, 由于充电设施的技术标准处于不断升级过程中, 并且相应的检测检验标准也在不断地制定完善中, 造成充电设施故障信息缺乏一致性, 加之偶然异常较多, 须引入数据分析的方式进行处理, 从故障信息中提炼有效信息, 提高运行维护的效率。

基于上述分析, 本文提出一种有监督机器学习算法进行充电设施的状态评估, 使用决策树算法对交易等运行数据进行分析, 并选取实际充电设施进行分析和评估。

1 算法概述

本文主要应用的是决策树(decisions tree)分类算法。决策树算法是常用的监督式机器学习算法,

从直观上讲就是一种类似流程图的树状决策机制, 包含决策节点(decision blocks)和终端节点(terminating blocks)。其中, 每个决策节点表示在一个属性上的分类, 而每个终端节点表示最终分类结果, 对应一个具体分类标号, 经过实际工程验证, 决策树具有较好分类效果。迭代二分器(iterative dichotomizer, ID3)是决策树的原型算法, 在此基础上衍生出C4.5、C5.0、CART算法, 而且决策树作为基分类器, 进一步形成随机森林(Random forest)算法。

决策树是依据学习集信息建立, 设 D 代表标记分组结果的学习集, 假定该学习集具有 m 个分类, 定义为 $C_i(i=1, \dots, m)$ 。定义期望信息为:

$$l(x_i) = -\log_2 p(x_i). \quad (1)$$

式中: $p(x_i)$ 为 x_i 在本群体内出现的概率, 可以看出概率越大对应信息越确定, 期望信息越小; 概率越小对应信息越不确定, 期望信息越大。

定义信息熵, 为各期望信息的加权和, 公式为:

$$\text{Info}(D) = -\sum_{i=1}^m p(x_i) \log_2 p(x_i). \quad (2)$$

以按属性 A 划分 D 为例, 在学习集中, A 属性具有 a_1, a_2, \dots, a_v 个不同值, 假设 A 是离散变量(因子变量), 则这些值对应于 A 上的多个输出, 也就是用属性 A 将 D 划分为 $|D_1, D_2, \dots, D_v|$ 个分区(子集), 这些分区也就是由结点 N 生成的分枝。

$$\text{Info}_A(D) = \sum_{j=1}^v \frac{|D_j|}{|D|} \times \text{Info}(D_j). \quad (3)$$

$\text{Info}_A(D)$ 表示按 A 划分对 D 的分类之后的期望信

息,其中项 $|D_j|/|D|$ 代表第 j 个子集的加权比例,该数值用以计算信息增益。

信息增益是用来表示划分前的期望信息与划分后的期望信息之间的差,即:

$$\text{Gain}(A) = \text{Info}(D) - \text{Info}_A(D) \quad (4)$$

换言之, $\text{Gain}(A)$ 可以表征通过 A 划分, 确定了多少信息, 该节点的最优分枝点就取在使信息增益最大的属性。

ID3 算法可以有效解决按照什么次序来选择属性(变量)的问题, 但是 ID3 解决的是离散数据类型(因子类型)变量的分类问题, 不能解决连续数据类型(数值型)变量的分类问题, 同时该算法倾向于采用具有大量值的属性, 也就是明显倾向于选自因子类型较多的变量, 比如说在训练集(学习集)中有性别和年龄 2 种因子型变量, 性别变量有 2 种因子, 年龄变量有 5 种因子, ID3 算法会明显倾向于选择年龄作为分类变量。在 ID3 算法的基础上衍生了 C4.5 算法, 该算法对信息增益计算结果进行调整。定义分类信息值(split information):

$$\text{SplitInfo}_A(D) = \sum_{j=1}^v \frac{|D_j|}{|D|} \times \log_2 \left(\frac{|D_j|}{|D|} \right) \quad (5)$$

该数值代表由训练集 D 划分为对应于变量 A 的 v 个子集后产生的信息。如果变量 A 中的因子类型较多, 则该值较大。之后利用该值抑制因子数量对信息增益率的影响, 定义信息增益率为:

$$\text{GainRate}(A) = \frac{\text{Gain}(A)}{\text{SplitInfo}_A(D)} \quad (6)$$

C4.5 是目前的主要决策树算法, 是一种主流的分类器, 同时决策树算法还有 CART, C5.0 等, 虽然具体算法不同, 但是核心思想基本相同, 决策树算法在计算量适当的情况下, 可以实现数据的有效分类。

2 算法应用

2.1 运行状态特征分析

在充电设施计费控制单元与充电控制器通信协议等技术标准中, 定义了故障状态下的遥信数据, 也定义了充电启动和充电停止阶段结束原因, 对于由于故障造成的启动不成功或充电停止, 会记录明细原因。以上数据, 能够反映出充电设施的运行状

态。由于故障信息存在一定的误报, 或由于车辆原因造成的设施异常, 所以还需要引入其他数据共同参与判断。在充电设施的通信信息中, 充电电量、充电时长等交易信息数值质量较高, 从电量、功率等信息也能反映出设备的运行情况, 所以可以引入数据模型, 共同参与分析和评估。

2.2 仿真实验

本文通过 R 语言进行模型的构建, 语言是一种开源的统计分析语言, 目前应用较为广泛。主要实现步骤包括模型构建和模型计算。

模型构建主要为:

一是构建训练集, 总结以往充电设施运维经验, 将充电设施的运行状态进行分类, 本文分为正常、比较正常、基本正常、异常、严重异常 5 种状态, 将各状态下的典型遥信数据、充电电量、充电时长、平均功率等信息进行组合, 构建决策树训练集;

二是建立决策树, 将训练集引入 C4.5 算法, 进行决策树生成, 检查决策树合理性;

三是对生成的决策树进行检查, 是否存在分类错误的现象。

四是准备基础数据, 对充电设施的运行信息进行整理, 对于充电时长、充电平均功率需要通过充电起止时间、充电电量等信息进行计算。

五是是数据判断, 将整理后的各充电设施引入模型判断, 输出判断结果, 并计算日均得分。

本文训练集共计 1975 条经验数据训练运行状态评估模型。数据主要来源于充电设施运行系统, 结合现场运行维护情况, 将以上数据分为 5 个类别: 正常、比较正常、基本正常、异常、严重异常 5 种状态, 通过以上构建了共计 71 个分支的决策树。

在模型建立之后, 需要进行模型性能的评估, 度量该模型是否达到了预期的分类效果, 本文采用混淆矩阵的方式进行评价。混淆矩阵是一张二维表, 它按照预测值是否匹配数据的真实值来进行模型性能评估。本文建立的是一个五值分类模型, 所以是一个 5×5 的混淆矩阵, 其中纵向为实际值, 横向为分类预测值。当预测值与真值相同时, 就是一个正确的分类, 正确分类位于混淆矩阵的对角线上。

通过表 1 可以看出, 训练集共计 1681 条数据, 该模型分类准确率为 99.39%。在一般的分类模型

中,达到99%以上分类成功率实际上是一种过拟合现象,这也是决策树算法的一种特点。决策树算法是以信息熵理论为基础,本质上是一种“贪婪算法”,容易对训练集数据敏感,造成模型泛化性不好;但是具体在本应用中,由于充电设施判断较为复杂,这种过拟合反而更加利于不同运行状态分类。

表1 模型性能评价混淆矩阵表

类别	A	B	C	D	E
A	538	0	0	0	0
B	0	35	0	0	0
C	0	0	70	0	0
D	0	0	5	427	0
E	0	0	0	0	823

3 实例应用

应用本算法对朝阳地区的某充电站运行状态进行评估,使用的是从充电设施运营平台调取的该充电站2019年5月1—12日的充电记录和运行信息,共计8台直流充电桩,共计1681条信息。对以上信息通过建立的模型进行计算,并加权后建立平均得分。如图1所示为该站充电设施日状态评估分值变动情况,可以发现。

从上图可以看出,5362、5363两台直流充电桩运行状态日评分接近100分,运行稳定正常;5364、5365、5368、5369四台直流充电桩运行状态日评分在70~90分之间波动,运行较为正常;5366、5367两台直流充电桩运行状态日评分接近0分,属于严重异常。通过检查发现5366号和5367号直流充电桩的主控制器存在故障,更换后设备恢复正常。



图1 各直流充电桩日运行评分变化曲线

4 结束语

基于有监督机器学习算法的充电设备运行状态评估,可以较为准确地检测评估充电设施的运行状态,在设备处理故障时,对应状态评分明显降低。使用决策树算法能够有效提取设备运行信息,相对于普通的阈值判断,能够避免偶然异常对设备状态的影响,可以更快更准地筛选出异常设备,为充电设施的运营分析和运维实施提供精准支持。

参考文献

- [1] 未倩倩,赵凌霄.浅析电动汽车无线充电技术现状及发展趋势[J].汽车电器,2019,(6),18-20.
- [2] 黄杰晟,曹永峰.挖掘类改进决策树[J].现代计算机(专业版),2010,(1):38-41.
- [3] 董立岩,李真,周灵艳,等.特定信息增益决策森林分类器研究[J].计算机工程与应用,2010,46(26):111-113,237.
- [4] 斯坦福大学公开课——机器学习课程[J].CAD/CAM与制造业信息化,2015,(2):77-79.

作者简介

李亦非(1980—),男,汉,硕士研究生,从事电能计量技术研究、资产管理和采集系统建设工作。

王芳(1981—),女,汉,大学本科,从事电能计量技术研究工作。

李蕊(1981—),女,汉,硕士研究生,从事电能计量技术研究工作。

宋玮琼(1984—),女,汉,硕士研究生,从事电能计量资产管理工

作。(责任编辑:刘艳玲)

资讯

南方电网公司召开2019年数字南网建设推进会

8月13日,南方电网公司召开2019年数字南网建设推进会,公司党组成员、副总经理贺锡强出席会议并讲话。公司总信息师余建国主持会议。

贺锡强强调,要转变观念、统一思想、形成合力,把思想和行动统一到公司党组关于数字化转型和数字南网建设的决策部署上来;以我为主,统筹资源,协调推进,准确把握数字技术发展态势,广泛整合资源,引进各方面先进技术为我所用;夯实基础,优化应用,拓展平台,建立完善数据管理机制;同步完善网络安全体系;推进党建与业务深度融合,高度重视并防范好廉洁风险。

来源:《南方电网报》

基于物联网技术的新型智能化 培训服务体系

刘琦, 张淑国

(国网北京市电力公司培训中心, 北京 石景山 100041)

摘要: 通过研究“三型两网, 世界一流”的战略目标, 基于目前培训服务支持体系的现状, 结合当前人脸识别、数据科学、人工智能、5G、物联网等先进的科学技术, 打破传统授课方式的壁垒, 建立一种“物联网”的新型培训服务体系。通过对体系中各个环节的优化, 提升整体课程质量; 通过对体系全流程的管理, 充分发挥培训服务对公司的支撑作用, 达到更好的培训目的, 打造更强的人才梯队, 为全面建设世界一流的企业做好人才储备。

关键词: 智能消防应急平台; 变电站; 火灾监控; 三维设计模型; 救援路线规划

中图分类号: TM862

1 培训现状

随着公司规模壮大和发展步伐的迈进, 公司员工从管理层到技术层面都需要不断地学习提高, 这就为培训服务提出了更高的要求, 以更高的效率、更高的标准来优化培训工作。

目前的培训课堂还是以传统的面授方式为主, 面临着课堂考勤落后、效率低, 课堂互动死板、效果差, 课程资源不清晰、不匹配, 课堂分析过于主观、无详细数据分析等问题, 导致整体培训效果不理想。

泛在电力物联网的应用驱动, 根据市场、管理等应用需求, 建立商业模式和价值回收路径^[2]。基于此, 结合培训需求的现状和物联网技术, 开发一种新的培训服务模式以适应当前飞速发展的需求。

2 相关环节优化

2.1 整体规划

基于以上4点问题分析, 结合最新的互联网、大数据、云计算、人脸识别、智能化、传感感应等新型技术来进行转型优化, 实现课堂的智能化信息化管理。主要通过逐步实现人脸考勤、远程督导、资源管理、课程分析等功能, 结合各个功能组成一个闭环体系, 最终实现如图1所示的系统化管理流程, 也就是智能化培训服务体系。致力于提升学员的个性化学习、教师的专业化成长、企业的教学管

理等领域。

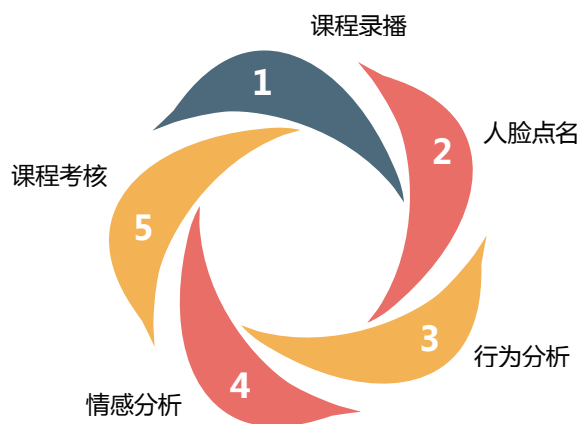


图1 培训服务体系

2.2 课堂录播

智能化培训管理体系的基础建设是课堂录播系统, 通过在教室布置师生拾音器、学生4K深眸摄像机、高清录播主机等设备, 对课程进行实施录制, 形成“感知层”, 将采集到的信息传输到网络层进行处理。在录制课程的同时, 通过人脸识别技术对课堂学员进行人数统计以及考勤, 通过行为识别技术统计师生互动情况, 包括学员回答问题次数、认真听讲时长等, 并将结果数据化, 以便对课堂情况进行分析。

由于企业学员不同于专职的在校学生, 在学习的同时还可能有繁重的工作任务, 因此无法到达教室上课, 那么可以通过“课程直播”的方式,

使学员可以通过平台实现课程的在线观看，甚至无法达到评论互动的效果和解决企业培训中面临的工学矛盾。

2.3 巡课督导

在智能化培训服务体系中，巡课督导工作是重要的监督环节，同时也是课堂管理者对课堂情况的主要管理手段之一。通过这个环节，可以及时地发现课堂中存在的种种问题，但是这种传统的管理方式客观上对正在教学工作的老师及学员有一定的干扰，而且受限于场地的影响，无法同时了解到多个现场的情况，导致巡视工作效率低下。

因此，在智能化培训服务体系中提出“在线巡课”模块，通过教室内设置的课程录播系统的摄像机等设备，将课堂情况上传至“管控中心”，可以达到对课堂情况进行实时监控的目的。这种方式具有效率高、无干扰、有记录等优势，可以通过远程视频的方式对课堂整体情况做到快速的整体把握，并且不会对授课造成干扰，如有必要，还可下发现场巡视任务，使得现场巡视有迹可循。

2.4 课堂分析

2.4.1 行为分析

传统课堂中对于培训效果的分析过于主观，往往通过口头询问学员、简单观察学员上课反应、学员反馈问卷等方式进行简单的定性分析。这种分析的缺点在于：一个是不够数据化，使得分析的可靠性较低，另一个是获得有效结果效率较低，学员的反馈往往比较浅层。针对这些问题，在智能化培训服务体系中希望通过更为有效、客观、定量的分析达到真实反应课程效果的目的。基于此，智能化培训服务体系拟通过将学员在课堂的表现分为阅读、书写、听讲、举手、答问、睡觉、玩手机7种常见行为来作为量化分析的基础。通过课堂行为识别上传到后台进行数据化分析，得到较为客观的课堂行为分析结果，使管理者对培训效果有更为直观的把握，通过分析每堂课程各类行为的占比来反映该课程的真实效果。

2.4.2 情感分析

通过上述描述，与行为分析类似，为了客观的反应学员对课程的反响，将学员的情感分为中性、高兴、惊讶、反感、赞同，共5种表现。通过情感

分析，以数据为依据，对学员的兴起进行评估，并以此制定后续类似课程的计划。

2.5 课程考核

根据公司对于培训管理的规定，应对参加培训的学员进行考核，为提高检测效率，以客观题为主，通过电子考核的方式，以“京电微课堂”为平台进行线上考核。通过建立课程、导入题库、设置考核时间等对参加不同培训的学员进行考核，并将成绩进行反馈，对于成绩未达标的学员设置补考机制，以贯彻培训成果，敦促学员自主学习。

2.6 资源管理

2.6.1 课程管理

通过对录制课程的整理，可以筛选出效果较好的精品课程，作为学习资料上传，形成“课程资源库”。通过常态化的录播系统，老师可以非常便捷的进行课后反思，学员可以反复学习以加深对课程重点、难点的理解，达到课程效果最大化。进一步的也可对金牌课程做精品录制，形成系统化的课程资源，通过保证课程质量、提高课程吸引力等方式促进学员在线上通过资源平台学习的兴趣，从而到达提高资源利用率的效果。

2.6.2 讲师管理

对于校内的讲师，通过营造良性的竞争环境，提升教师的授课能力和积极性，可以通过比赛的形式，召集优秀的老师、领导，定期进行评课比赛，此类评课活动也可进行线上评比，来保证评判结果的客观公正，真正的达到正面的激励效果。

3 智能化服务体系

依托“互联网+”模式，借助移动互联网、大数据、云计算、物联网等技术构建一种智能化服务模式，并结合传统的ERP系统、财务管理控制系统、经济法律系统等业务管理系统，全面实现管理的智能化，提高管理效率与服务水平^[3]。采用物联网技术、信息技术、通信技术实现了电网企业网络体系的构建，基于数字化网络体系以及数据层采集设施、网络层数据传输、数据层应用系统等技术手段实现企业数据的采集、传输；同时采取云计算、大数据等技术能够实现对采集数据的分析计算与处理^[4]。

4 结束语

“三型两网”发展战略的提出，有效促进了互联网技术与传统行业的融合，有利于推动我国传统行业的进步与发展，提高我国核心竞争力以及人民生活水平。通过优化管控模式和组织架构，实现资源合理配置，强化培训服务体系与用户需求的联系，推动业务协同和数据贯通。

基于此，建立起文中所述的这种智能化培训服务体系，可以有效地实现培训业务一体化管理。在打破传统模式束缚的同时，重在提高培训质量，优化管理流程，将更多的经历投入到课程、教学质量的提升上。同时，提高培训支持机构的服务能力，推动培训业务与公司各单位的深度融合，通过对培训效果的真实反应进行优化，旨在切实完成培训的既定目标，使得培训效果事半功倍。

智能化培训服务体系的基础是“感知层”的建立，此后再建立“平台层”完成来自感知层数据的接入和传输，进行数据分析，通过“网络层”联系感知层和平台层。目前，在“应用层”还需

(上接第13页)

程施工视频及图像素材、质量追溯提供依据。

5 结语

智慧工地系统前端各类型智能传感设备的大量应用，为施工现场数据采集提供了便捷的手段，为泛在电力物联网大数据采集与规模开发和应用奠定了技术、装置和网络基础^[6]。系统包含感知层、网络层、平台层和应用层，分别实现工程信息采集与反馈、工程信息传输与交换、工程信息智能分析与处理和工程信息数据存储和共享。实现了施工人力资源管理、进度管理、违章识别、环境综合监测、塔吊运行监控和基坑沉降监测等功能，有效提高变电站施工管控质量、效率和效益。

目前，系统正在开发三维模型数据接口，以期实现变电站三维模型便利化交互，利用三维模型开展施工进度管控，为建管、监理、施工等专业提供更为直观的展示窗口。今后将继续深化施工安全及标准工艺的图像自动识别功能，不断提高施工安全、质量的管控水平。

进一步开发具有更多能力的数据处理系统及应用程序，使得采集到的数据得到有效的处理分析，同时以应用程序的方式让管理者进行高效的管理，这样才能进一步达到智能化培训服务体系的优化升级。

最终，通过强化前端数据分析能力，健全市场信息感知渠道，达到强化市场拓展的能力，使得这种智能化培训服务体系在培养优秀人才，支撑企业发展中发挥更大的作用，是泛在电力物联网与培训服务工作相结合的转型升级。

参考文献

- [1] 刁柏青. 从四个视角看“三型两网”[N]. 中国能源报, 2019-05-06(014).
- [2] 陈麒宇. 泛在电力物联网要以应用驱动为导向[N]. 中国能源报, 2019, 05-06(016).
- [3] 蒲天骄, 刘克文, 陈乃仕, 等. 基于主动配电网的城市能源互联网体系架构及其关键技术[J]. 中国电机工程学报, 2015, 35(14): 3511 - 3521.
- [4] 汪兴. “互联网+”模式下电网企业智能化建设与管理[J]. 电力大数据, 2018, 21(12): 43-46.

(责任编辑:张峰亮)

参考文献

- [1] 吴雷. 浅析变电站施工过程中质量控制和安全管理[J]. 水利电力, 2019, 5: 78.
- [2] 田宝吉, 王保栋, 邓磊. 智慧工地管理实践与应用[J]. 施工技术, 2018, 12(47): 1063-1066.
- [3] 刘建明, 赵子岩, 季翔. 物联网技术在电力输电系统中的研究与应用[J]. 物联网学报, 2018, 3, 2(1): 88-102.
- [4] 张达. 变电站工程安全管理问题及解决措施[J]. 工程建设, 2019, 3, 51(3): 74-78.
- [5] 韩豫, 孙昊, 李宇宏, 等. 智慧工地系统架构与实现[J]. 科技进步与对策, 2018, 12, 35(24): 107-111.
- [6] 傅质馨, 李潇逸, 袁越. 泛在电力物联网关键技术探讨[J]. 电力建设, 2019, 5, 40(5): 1-12.

作者简介

- 武瑶(1989—),女,硕士,中级工程师,系统研发及运维。
 耿军伟(1984—),男,硕士,高级工程师,数据运维、数据分析、基建安全监察。
 陈波(1985—),男,博士,高级工程师,系统研发及运维。
 李聪(1986—),男,硕士,高级工程师,系统研发及运维。
 周爽(1992—),女,硕士,助理工程师,系统研发及运维。
 刘卫国(1970—),男,本科,高级工程师,数据运维、数据分析、基建安全监察。

(责任编辑:袁航)

泛在电力物联网智能传动技术

徐震, 王云鹏, 李海

(国网北京顺义供电公司, 北京 顺义 101300)

摘要: 文章先简述了现阶段的自动化传动调试技术的情况, 分别从系统、网道、设备三个层面逐一剖析。智能传动技术是一种有效解决大规模数据传输的方式, 它基于已有系统软件、网络通道、厂家设备初步搭建出信息交互架构, 文章续以公司配电自动化系统和其近年来的应用为例, 以现阶段运维工具和其实际生产业务中的使用为载体, 分析实际情况并进行未来泛在电力物联网智能传动技术的讨论与推演。智能传动技术可以依靠试点工程, 逐步开展其在泛在电力物联网中的应用, 并针对难点逐一解决。

关键词: 电力物联网; 智能化; 自动化传动调试; 传动技术

中图分类号: TM862

本文基于北京市电力公司配电自动化工作的开展, 引入自动传动的概念, 并根据实际情况和工作经验, 拟构造出一个系统与设备间的传动调试环境。随着未来电网的发展、泛在互联网的普及, 传统的电网设备传动不能满足大量设备和厂家的接入, 人员的缺少将成为制约因素。因此, 本文考虑的智能传动技术经由科信部、经研院等具有相关资质的机构认证试验通过后, 可以进行入网联调, 检查相关要求是否符合国网招投标条件、入网条件等, 最终于不同厂家、不同设备, 实现简洁、有效的智能自主传动。

1 现有技术情况与未来技术展望

自2017年北京市电力公司泛在电力物联网雏形“一体双核系统”投运以来, 配电自动化逐渐走向成熟, 完成了“从无到有、从弱到强”的转变。在北京市电力公司进一步进军泛在电力物联网的过程中, 各项工作可以借鉴配电自动化工作的实践应用, “从建设到运维, 从运维到实用”, 力争5年完成泛在电力物联网雏形。公司推出“泛在物联网”“物联网+”“大云物移”等蓝图绝非一日, 本文以北京市电力公司一体双核为例, 对“系统”“网道”“设备”的现有技术水平进行总结。在这里要说明的是, “系统”“网道”“设备”不是单纯的“主站”“软件”“厂站”“终端”“网络”“通道”等单一概念, 而是将这些概念落地, 在建设运营的同时, 实现万物互联。

1.1 系统

北京市电力公司一体双核系统与全国网省公司

相比, 一大亮点是接入了近4万台终端, 终期数量还能翻倍。如果说10 kV设备数量是400 V、220 V设备数量的十分之一, 那么未来泛在电力物联网将迫使北京面临100万台设备的系统接入需求。横向对比其他行业, 汽车GPS定位导航系统(600万辆车)、手机系统(2200万部手机)都远远超过了这个数字, 然而, 这些大公司、大企业的系统却呈现出厂家化、多元化、智能化、易进化等特点。从支撑电力数据的传输和处理角度, 现有技术有一定的优点, 但在数据传输过程中, 大量信息的交互共享对传输带宽、服务器容量、建设费用、处理系统潜在风险隐患的能力等都有很高的要求。当泛在电力物联网接入大量设备时, 无论是从数据采集、系统传动、设备调试、保护上传、控制下令等方面考虑, 都要面对现有数据十倍甚至百倍的工作量, 而现有主站系统、厂站系统都有一定的局限性。

实时传输: 电网要求在数据传输过程具备实时监测电气量的功能。电气量包含设备的状态(如开关的分合)、电压电流、保护的定值等, 而现有传动系统因厂家不同, 在处理、调试电气量容易造成服务器宕机、潜在的通道拥堵, 须及时解决处理。

前后信息一致性: 当数据传输过程中产生延时, 或通道连接失败时, 仅采用传统技术(如云计算)会多次接收到同一终端设备发送的信息, 这些信息量可能会在短时期内产生变化, 而再接到的信息会因为延时等原因出现不一致。

网络安全: 因电网的安全性要求, 不同传动软件技术在同一组服务器内进行数据的处理时, 需要很强的正反向隔离。即便是采取物理隔离, 大量设

备的信息接入公司的服务器后，也难以解决不同厂家、不同地域信息的硬件、软件安全隔离。

1.2 网道

北京市电力公司一体双核系统基于无线、光纤通道进行系统与设备之间的通信。很多文章将通道和网络区别阐述^[4-5]，并立足于不同点探讨相应的理论与规律。为解决上述提到的大规模数据入网，不能像汽车或是手机行业一样，不计成本、不考虑现场环境去进行无止境的升级改造。现有配电自动化无线技术是基于移动公司专网频段或建设光纤完成的，而未来泛在电力物联网将迫使公司考虑成本、效益，因此，需要搭建或荐用一种或数种可靠、便利的网道完成泛在电力物联网的建设工作。

坚强智能电网和泛在电力物联网是网的两面：前者立足坚持守正，后者重在改革创新。在建设泛在电力物联网的时候，需要借鉴智能电网的经验，同时也要建立属于自己的泛在电力物联网网道。例如，可以通过无线技术，将需要的用户数据统一接入一张现有主配网系统外的“过渡网”，再将此“过渡网”通过光纤通道与公司现有网络系统连接，实现坚强智能电网和泛在电力物联网的融合，如图1所示。

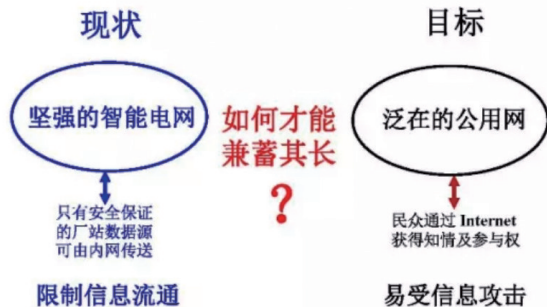


图1 智能电网和泛在电力物联网

1.3 设备

北京市电力公司一体双核系统广泛接入大量厂家终端设备，目前有资质的厂家大多数已具备独立的应用软件甚至开发软件的能力。图2为某厂家设备（馈线终端FTU）的外观和面板。

公司配电自动化目前厂家终端众多（73家），在未来泛在电力物联网建设时将会面对更多的厂家设备。针对现场实际运行环境不可控，设备配件

（如电池）会受到高温、潮湿的影响；针对通信方式和原理，设备会涉及以太网、串行接口、光纤和无线通信等；针对不同设备型号，维护时会涉及后台维护软件、配置内容、操作界面不一致的问题。

2 泛在电力物联网智能传动技术

2.1 智能传动技术要解决的技术问题

智能传动技术是一种有效解决大规模数据传输的方式，利用已有厂家设备的自传动软件、结合点对点模式，提供、整合了一种集中式的传动调试方法。因此，泛在电力物联网可以采用智能传动技术，配合相应软件，在设备入网、招标时提出相关的要求，为设备大量接入电网提高传动效率奠定基础。

智能传动技术与传统的点对点传动方法有很多相似之处，而智能传动技术独有的一些特点可以帮助电网更好地实现设备的连接入网。智能传动采用了点对点自主虚拟化、多租户等计算机网络技术，是可以同时使用、连接不同厂家的设备而进行“无差别”传动方法，比如可以将一些相似厂家的信息



图2 调试传动中某厂家的馈线终端(FTU)

于采集端统一上传，由智能传动软件下发标准信息量表（点表），再由终端设备依照信息量表“点对点”上传，系统侧自主进行“点对点”传动并判断相关数据的准确性，节约了本地上传服务器和服务端远程处理的时间，此外还可以保证信息的安全性、私密性。

分布式处理：降低人员承载力。智能传动技术采用一个服务器组作为处理数据的信息中心，而传动点对点需要多组人员在不同层面（如不同地域、不同终端设备、不同子系统）进行传动，新型传动方法可以解放人员力量，传动时所要求流程也将变得更加规范，所要求的人员技术水平

大大降低。

标准化传输：与传统调试传动技术相比，厂家设备在入网联调时，即可建立厂家软件和标准软件的接口，各市、地公司运维人员在调试传动时，只需要无差别灌入软件，标准化作业，逐步融合一、二次业务。

安全隔离：大量设备接入后，很难在终端设备侧全面隔离不同软件之间的信息，而统一的传动软件可以在初始设置时建立隔离措施，更加容易选择安全隔离的范围，无论是硬件隔离还是软件隔离，都比传统传动调试技术更可靠。

低风险低隐患：与传统传动不同，智能传动技术可以尽可能地避免传动过程中因大量终端设备的接入引起的隐患，同时，由于系统可以依据分布式算法等进一步缩短终端反馈的时间、调整终端上传的顺序、合理分配传动资源、减轻通道压力。

2.2 智能传动技术的架构

智能/自动传动技术是将标准化传动和分布式处理的概念应用于泛在物联网。泛在物联网在落地过程中，首当其冲所面对的是末端设备的超量接入。智能传动技术可以将传统传动按照厂家、型号、信息量表等进行分类，在通过相同软件的前提下，完成点对点的信息交换，传动将以系统与设备为载体，智能式相连。

智能传动技术是一个基于不同设备厂家搭建的信息交互架构：调试层构建不同厂家传动软件与终端标准化软件的接口（或统一开发的终端传动软件并要求使用）；通信层基于移动、联通、映翰通等通信运营商或模块厂家构建统一的传输机制，因模块厂家数量相对稳定，现阶段已具备条件；传动层依据主站集中式搭建统一接收数据的软件。本文以公司配电自动化系统为例，进行泛在电力物联网智能传动技术的讨论。

2.2.1 调试层

一般设备从结构上划分包括测控单元、操作控制回路、人机接口、通信模块、电源等。调试时主要涉及硬件的核查和软件的调试，软件调试主要是配置设备的参数，如变比、定值、时间、逻辑控制顺序、软硬压板切换等。现阶段公司已开展保护定值的召测和调阅功能，在技术上实现

了上行、下行数据的发送和接收，也就是说现有技术已具备上传和下载配置文件的功能，迈出了第一步。未来大规模建设泛在电力互联网时，设备调试可以由系统通过网道远程下载安装程序至设备（类似手机系统自动更新），并在设备侧完成调试配置文件的功能。

2.2.2 通信层

通信是泛在电力互联网中不可缺少的环节，是数据传输的介质和纽带，在一定条件下也是输配用电企业管理、专业管理、系统设备之间信息沟通的纽带。公司电力骨干通信系统已发展成熟，有多年的运维建设经验，配电通信基于配电自动化的推进也在逐步走向成熟，而未来泛在电力互联网将具有节点更多、面更广、运行环境更多变、网络变更更频繁等特点。按照不同技术体制描述通信技术原理应用可分为EPON、工业以太网、无线专网、无线公网、电力线载波以及混合组网等，无论哪种形式，电力通信网都是为了满足电力系统运行、维护和管理需要进行信息传输与交换。当调试层接口打通后，可以借助终端设备与通信模块本地的串口接线，自动上传或下载配置参数，配置参数与地址相关，所配置参数因设备、地域、通信运营商不同而不同，可以进行远程下发修改。

2.2.3 传动层

传动过程是系统与设备的联调、校核和同步。调试层主体是设备、需要系统的配合，传动层主体是系统、需要设备的配合，之所以这样定义是因为远程智能传动技术最终是从系统下发的程序并进行相应设备的变更。以公司现阶段配电自动化为例，配电主站处于最高层，一般部署在网省公司，管辖地区配电网由地市公司相关部门配合运维，完成供电监控和故障处理任务。未来泛在电力互联网是公司电网运维管理和调控指挥到用户的技术抓手，也是支撑电网管控和企业资源综合运用的重要支撑，而完成传动层主要任务的系统就是大脑。

3 智能传动技术的难点

依据公司现有接入网的标准，可针对性的进行一些试点工作。为此，需逐步开展泛在电力物联网的建设，在现有基础上，从全息感知、泛在连接、

开放共享、融合创新四个方面进行提升,支撑“三型两网、世界一流”战略目标。具体来说,需要将没有连接的设备、用户连接起来,没有贯通的业务贯通起来,没有共享的数据即时共享出来,在传动过程中逐步规范制度、流程,形成不同厂家的设备无差异的数据上传、系统内共享共用的生态,需要利用公司电网基础设施和数据等独特优势资源,大力培育发展凡在电力物联网的业务,在新的更高层次形成行业内不可超越的竞争力。

加密、解密的设计:现有信息系统在应对设备入网、完善系统构架时,首要工作是信息的加密与解密。由终端流向系统的信息可以分为加密和非加密两类,终端设备上传前应对非加密信息进行处理,而将加密信息上传至系统处理。加密和非加密的设定可以从软件方面(终端)和硬件方面(系统)对信息进行隔离,而上传至系统的信息只可以在顶端通过授权方可解密、处理。

泛在电力物联网的移动边缘计算算法:合理分配网络资源是面临接入大量传动设备时首先要考虑的问题。终端上传到系统的信息呈无规律的分步,这就要求在系统侧接收信息时必须要有相关的策略和顺序,在技术层面可以结合移动云计算与移动边缘计算。移动云计算主要是通过各类终端设备存储、处理数据信息,移动边缘计算是实现控制、调试不在现场范围或办公区域内的远程设备。

电力物联网点对点传动的调整机制:上传和下发信息量的点对点信息是一一对应的,这就要求在传动过程中,要进行一定的优化设计,比如电流遥测信息量的虚拟上传可以根据特定取值,同步完成告警通信信息量的虚拟上传。因此,设计智能化传动过程并加以优化是系统构建时和系统构建后要解决的问题,进而提高电力物联网中智能传动的效率。

4 结束语

在泛在电力物联网智能传动技术正式研发推广之前,已完成传统传动技术所需求硬件、软件的设计、应用、实用化等;所研发的系统已具备实采遥信、遥测和遥控应包含的功能。智能传动技术需要的功能多基于现有传动平台上的数据,这些数据可

以通过接入系统并行处理;实采功能一般是在终端设备发送请求后由系统根据当前传动量的排队计算安排在线传动,可以通过服务器或分布式传动的概念将实时数据暂时存放,以提供快速读取、运用的功能。

参考文献

- [1] 张东霞,王继业,刘科研,等.大数据技术在配用电系统的应用[J].供用电,2015,32(8):6-11.
- [2] 汪洋,苏斌,赵宏波.电力物联网的理念和发展趋势[J].电信科学,2010(S3):9-14.
- [3] 欧海清,曾令康,李祥珍,等.电力物联网概述及发展现状[J].数字通信,2012,39(5):62-64.
- [4] 周玉超,李永东.坚定不移建设“三型两网”全力迈向一流目标[J].华北电业,2019(2):8-9.
- [5] 严登俊,鞠平,袁洪.网络通信模式下电网相量的广域测量与实时传输系统[J].电网技术,2004,28(4):15-18.
- [6] 兰巨龙,程东年,胡宇翔.可重构信息通信基础网络体系研究[J].通信学报,2014(1):128-139.

作者简介

徐震(1976.08—),男,研究生学历,高级工程师,调控运行及通信信息管理。

王云鹏(1987.02—),男,博士学历,高级工程师,配电自动化管理。

李海(1989.11—),男,研究生学历,工程师,培训与绩效管理。

(责任编辑:张峰亮)

资讯

南方电网公司2019年劳模、工匠培训班开班

8月13日,南方电网公司2019年劳模、工匠培训班开班,公司董事长、党组书记孟振平出席开班仪式并讲话,公司董事、党组副书记、南网党校校长史正江主持。据悉,这是公司首次开展劳模、工匠集中轮训。

孟振平指出,要建设知识型、技能型、创新型劳动大军,弘扬劳模精神和工匠精神,营造劳动光荣的社会风尚和精益求精的敬业风气。我们关爱劳模,不仅要有鲜花和荣誉,更要提供学习“充电”的机会和平台,让大家学习新知识、掌握新技能、增长新本领。

据悉,公司党组将对获得全国劳模、中央企业劳模、省级劳模、南网劳模,大国工匠、省级工匠、南网工匠等称号的在职职工,开展为期3周的集中轮训。

来源:《南方电网报》

边缘计算在泛在电力物联网中的应用

王萌

(国网北京市电力公司培训中心, 北京 石景山 100041)

摘要: 泛在电力物联网是以电力系统为核心, 同时结合大量智能终端、传感设备、通信网、云平台等连接构成的复杂多网络系统。随着泛在电力物联网建设的推进, 网络边缘设备数量爆炸式增长, 导致以云计算模型为核心的集中式大数据关键技术无法高效处理边缘设备产生海量数据, 因此边缘计算模型应运而生。文章叙述了边缘计算的背景及概念, 并简要概述了边缘计算在输电线路监控、智能变电站、智能家居等电力物联网中的应用, 通过实际应用体现万物互联时代边缘计算的实时性、高效率性和低能耗性, 为泛在电力物联网的进一步发展, 提供思考路径。

关键词: 边缘计算; 泛在电力物联网; 智能电网

中图分类号: TM862

随着电力工业控制系统和物联网等技术的深入发展, 由大量智能终端、传感设备部署组成的网络边缘, 形成了信息空间虚拟网络和物理空间实体网络紧密耦合协同的双重异构复合智能电网。边缘网络由智能终端、传感设备等组成。它是智能电网信息的物理空间耦合接口, 构成电力对象网络, 通过对对象感知或控制实现智能电网的智能化、交互化和信息化, 为智能电网提供了重要的应用和功能支持。这些边缘网络设备产生巨大的数据, 而云计算中心成为边缘网络统一方法的核心, 很难直接处理这些海量数据。主要表现如下: 对远离云计算中心产生的数据来说, 网络传输带宽和延迟是一个巨大的瓶颈; 集中处理使得边缘网络的廉价数据对应于高成本消耗, 如能源、计算等; 发展边缘网络具有初始处理能力。通过部署数以亿计的传感设备, 智能终端等, 泛在电力物联网实现了智能电网的全面意识, 自动控制和智能决策。

1 背景

1.1 泛在电力物联网

泛在电力物联网部署大量的智能终端、传感设备, 能够支持智能电网获取信息, 实现交互和智能^[1], 如绿色数据中心、智能变电站、智能家居与智能工业园等^[2,3]。成千上万的传感节点以各种方式访问智能电网, 感知或控制电网的运行和环境特性, 这些节点通常被组织或自组织成各种集群以形成边缘网络。泛在电力物联网和智能电网相互耦合, 形成了信息通信和电力系统的复杂二元复杂网络^[4]。

泛在电力物联网可以收集智能电网各个方面的环境信息、运行信息和运维信息, 能够智能识别或判断指定对象、动作等。通过获取物理、化学、生物、视频和其他信号, 得到关键参数, 这些数据可以通过本地化的边缘计算来处理, 一些必要的数据可以提交给远程云计算中心进行统一处理, 实现本地化和远程集中处理相结合^[5]。这种方式解决了快速响应和集中服务的问题, 并降低了云压力和通信开销。泛在电力物联网的典型架构如图1所示。

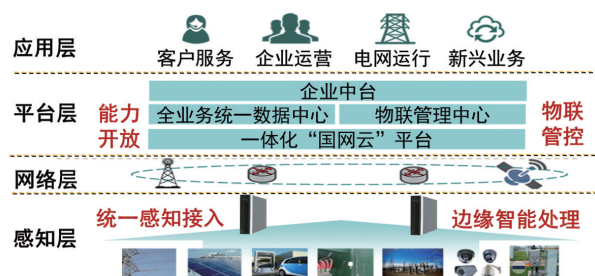


图1 泛在电力物联网架构

在感知层, 实现终端标准化统一接入以及通信、计算等资源共享, 在源端实现数据通融和边缘智能, 力求推动跨专业数据同源采集, 实现配电侧、用电侧采集监控深度覆盖, 提升终端智能化和边缘计算水平。在网络层, 通过现有的互联网、移动通信网、卫星通信网等基础网络设施, 重点推进电力无线专网和终端信息建设, 增强贷款, 实现深度全覆盖。在平台层, 依托物联管理中心构建统一主站, 实现各类采集数据“一次采集, 处处使用”, 通过挖掘海量采集数据价值, 提升数据高效处理和云雾协同能力。在应用层, 依托企业中台以及共享平台服务能

力，其支撑各类应用快速构建，全面实现核心业务智慧化运营，全面服务能源互联网生态，促进管理提升和业务转型^[6]。

泛在电力物联网提高了智能电网发电、输电、变电、配电、功耗、调度等性能。而由于越来越多的物联网节点组织成局域网（如无线传感器网络）^[7]，以及电力物联网节点的定位信息丰富，如温度、湿度等，但价值不高，因此，通过边缘计算实现局部处理有利于快速响应。未来，泛在电力物联网会更多利用边缘计算来减少资源消耗，提高系统的稳定性和安全性。

1.2 边缘网络和边缘计算

所谓边缘网络是一个松散的概念，没有统一的论证，从广义上讲，电信网络分为骨干网络和网络边缘（除了传输之外的网络骨干）^[8]。这样骨干网就可以专注于提高业务传输性能和网络生存性，进而将智能业务的高速路由器和交换机带到网络边缘，经常涉及的接入层和汇聚层网络统称为边缘网络。

边缘计算是指在对象或数据源边缘附近的网络边缘集成网络、计算、存储和应用程序核心功能的开放式平台。随着网络需求不断增加，边缘计算将提供边缘信息服务，以满足行业数字化在敏捷连接、实时业务、数据优化、应用智能、安全隐私保护以及关键需求等方面的需要。边缘计算范例如图2所示。

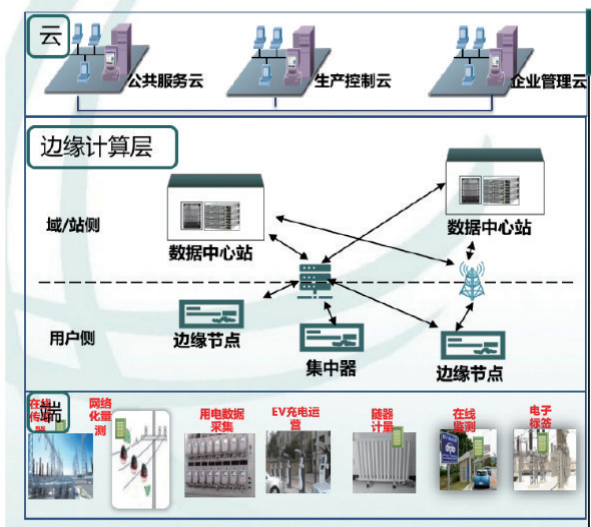


图2 边缘计算范例

由图2可知，云计算中心从数据库获取数据，

也从传感器等终端设备收集数据，这些数据兼顾生产者和消费者，是双向数据传输；网络边缘设备不但请求来自云计算中心的内容和服务，而且可以执行一些计算的任务，例如：数据存储、设备管理、隐私保护等。边缘计算模式能把云计算中心的一部分任务迁移到边缘的设备上完成计算，具有数据体量大、时效性、多样性三大特点，兼具有快速高效等优势。边缘计算模型与传统计算模型相比较，对于数据的承受能力大大增强；通过边缘设备分担部分数据处理，使得总体数据的处理速度得以提升；而且智能终端边缘设备数量种类繁多，因此数据的处理过程具有更大的多样性。边缘计算模型分担了云计算中心的部分数据处理工作，大大提高了数据通信性能，降低数据通信时耗，降低了云计算中心计算负载，与云计算模型相辅相成，两者共同完成数据处理工作，共同面对未来海量数据时代。

2 边缘计算在泛在电力物联网中的应用

应用是检验新技术发展最有效的方式方法，也是新技术未来的发展趋势和路径的探究。当前，泛在电力物联网技术在“发、输、变、用”等多个场景广泛应用，但有些依然需要改进与推广。边缘计算的价值也基于边缘计算的应用场景，这些应用出现在边缘计算发展过程经历的各种挑战和机遇中。由于泛在电力互联网通常具有覆盖大量传感设备，收集大量数据等特点，更容易进行边缘计算，因此泛在电力物联网中的边缘计算应用会对未来发展提供了更好的解决办法。

2.1 边缘计算与输电线路状态在线监测

输电线路状态监测是传感器网络的重要应用之一。借助感知技术，可以提高输电线路的传输能力，监测主要内容，包括天气条件、冰面、地面风振、线温和下垂、输电线路风及塔倾斜^[13]。利用感知技术将输电设备的状态通过传感器传送到管理中心，以此存档电气设备状态，信息显示预警、分析、诊断、评估和预测功能，为系统提供监控数据状态，实现传输实时的重要监控电气设备状态和运行管理状况，进而加强环境监控和设备资产管理以确保设备测试水平，从而提高安全运行水平。

视频监控系统的平台，可由边缘计算的硬件和

软件搭建框架,从而实现实时提取和分析视频内容,记录现场的感知数据,并且处理该种行为的功能。同时,根据现场录像的情况,进行决策分析,实时调整视频数据中有效数据和无效数据的存储选择,减少存储空间,最大限度地提高信息的可用度、可信度,提高存储空间的利用率。

2.2 边缘计算与智能变电站

智能变电站采用大量传感器,如温湿度传感器,浸入式传感器,振动传感器,漏电传感器,智能视频传感器等,来监测变电站运行状态、监测变电站设备环境以及分析变电站数据。通常,部署信息聚合设备(基站或汇聚节点)以实现各种传感设备^[9-11]的信息收集。该设备一般具有多种协议协调功能,可实现异构网络设备和传感设备的信息接收和处理。

智能变电站主要包括两部分:智能高压设备和变电站统一信息平台。智能高压设备主要包括智能变压器、智能高压开关设备、电子变压器。变电站统一信息平台有两个功能:一个是水平信息共享系统,主要用于从各种上层应用管理系统获得统一信息;二是垂直信息标准化系统,主要用于上层应用支持的透明层。

通过边缘计算,智能变电站可以定位大多数业务应用,如智能安全信息处理、设备温度和湿度等基础设施数据、人体和动物监测等。边缘计算可以通过本地智能处理来处理本地边缘网络的主要信息。同时,运用边缘计算对关键信息进行判断,如报警信息、智能仪表信息等,经过信息筛选后,再将其上传到云计算中心进行处理。

2.3 边缘计算与智能家居

随着万物互联时代的来临,使得智能照明控制系统、智能机器人、智能电视等智能家居变得更加普及和方便。然而,当前智能设备智能通过 Wi-Fi 模块与云计算中心相连,但是这种方式,不仅占用了云计算中心的数据传输复杂,而且无法为用户保护数据隐私。随着未来,智能家居环境中,除了需要安装网络设备外,还会将无线传感器和控制部署到房间、管道、地板和墙壁等^[12],考虑到未来在移动端的爆炸性扩充和对智能性要求更高,应按照图3所示处理这些家庭产生的敏感数据。

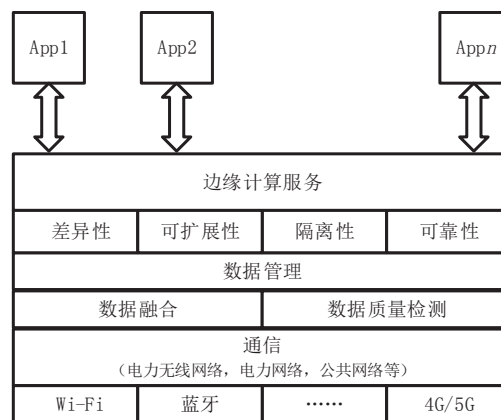


图3 智能家居中的边缘计算

由于大多数智能家居设备具有基本处理能力,因此大多数数据可以丢弃云计算处理并在用户侧实现边缘处理。家庭边缘网络的形成、智能家居服务平台的形成以及处理智能家居设备数据能够有效减少上行数据传输和服务云平台负载。

2.4 边缘计算与电动汽车智能车联网系统

车辆智能化尤其是电动汽车智能化,是未来车辆的发展趋势。电动车辆及周边设备网联化既是实现车辆智能化的有效手段之一,也是必要手段。电力运输已经成为全球汽车行业的重要组成部分。电动汽车与电网之间的功率流是双向的,因此电动汽车与电网系统集成,将实现车辆到电网,电网到车辆的应用。电动汽车可以提供多种电网服务,例如系统调节、旋转备用、负载均衡、可再生能源存储和平抑等,甚至可以通过与电网之间的互动直接完成电力交易。智能车联网系统通过资源整合不仅提供充电服务,还将分享数据信息扩展到了更多的车辆相关服务。

智能车联网系统涉及智能终端众多,面临要处理的海量数据,如果仅仅依靠云计算中心,会增加通信负载压力,更重要的也会满足不了系统对低时延性的要求。边缘计算技术的一大重要特性就是降低网络时延、提高网络设施利用率。因此通过边缘计算技术,尤其是移动边缘计算技术,可以满足车联网系统中面临的技术瓶颈,最终达到提高电网收益的目的。

3 结束语

泛在电力物联网是以电力系统为核心,结合智

能终端传感器、通信网、云平台等构成的复杂多网流系统。它支持智能电网作为智能系统,涉及传感与检测、通信、能源、新材料等众多行业,而先进的微传感器网络和通信技术是基础和关键技术之一。在电力系统中,输电网络和配电网络分布在城市和村庄的每个角落,对各种电力参数的感知可及时有效地了解当地电网的运行状况,从而适当调整电力资源配置策略,实现电力资源的更合理化利用。当前,随着边缘计算概念在各行各业中的慢慢渗透和应用完善,通过智能终端边缘设备进行数据处理工作及部分数据分析计算工作,已经逐渐取代将所有数据传送给云计算中心的模式。人类的科技发展,基本就是以计算为中心的发展历史^[14]。从原始时代的结绳计数石壁刻画到工业时代的到来,从东方人的算盘,西方人的计算尺机型计算到第一台计算机的诞生。面对工业4.0时代的到来,面对大数据时代,面对人工智能等计算机技术蓬勃发展的时代,边缘计算在未来拥有着无限的可能性,其必会很好满足泛在电力物联网的广域连接、大量访问、低功耗和实时交互等要求。通过边缘计算模型的推广和应用,将进一步推动泛在电力物联网的建设。

参考文献

- [1] LIU Z Y. Build Strong Smart Grid as Pillar of Sound and Rapid Development[J]. Power System & Clean Energy, 2009.
- [2] YAN Z, ZENG L, XI C. Architecture of Power Internet of Things[J]. Electricity, 2011, 22(5):10-15.
- [3] JIANG H, SUN Y. "Application and research on power internet of things technology", Ningxia Electric Power, 2014.
- [4] 梅生伟, 王莹莹, 陈来军. 从复杂网络视角评述智能电网信息安全研究现状及若干展望[J]. 高电压技术, 2011, 37(3):672-679.
- [5] XI Chen, LIU Jianming, LI Xiangzhen, SUN Limin, YAN Zhen, "Integration of IOT with Smart Grid[C]", IET ICCTA, pp. 723-726, 2011.
- [6] 泛在电力物联网建设大纲(节选)[J]. 华北电业, 2019(03): 20-29.
- [7] SHI W, CAO J, ZHANG Q, LI Y, XU L. "Edge computing, vision and challenges", IEEE Internet of Things Journal, vol. 3, no. 5, pp. 637-646, 2016.
- [8] PAPAGEORGIOU A, CHENG B, KOVACS E. "Real-time data reduction at the network edge of Internet-of-Things systems", International Conference on Network and Service Management, pp. 284-291, 2016.
- [9] NIETO J. D, REMON D, CANTARELLAS A M, KOCH-CIOBOTAM C, RODRIGUEZ P. "Overview of intelligent substation automa-

tion in distribution systems", IEEE International Symposium on Industrial Electronics, pp. 922-927, 2015.

- [10] [online] Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Electrical_substation.
- [11] HOU W, DANLU X U, QIU Y, JING W U, ZHENJIE W U, "Research on visualization of substation configuration description file in intelligent substation", Zhejiang Electric Power, 2016.
- [12] ZHOU B, LI W, CHAN K W, CAO Y, KUANG Y, LIU X, et al. "Smart home energy management systems: concept configurations and scheduling strategies", Renewable & Sustainable Energy Reviews, vol. 61, pp. 30-40, 2016.
- [13] AMIN S M, WOLLENBERG B F. IEEE Power Energy Mag., vol. 3, no. 5, pp. 34-41, Sep./Oct. 2005.
- [14] 刘俊奇, 范明翔, 李潇. 大数据时代下的新型计算模型——边缘计算[J]. 电脑知识与技术, 2017(19).

(责任编辑:张峰亮)

资讯

国网浙江电力县级单位首获全国质量奖组织奖

8月14日,中国质量协会公布第十八届全国质量奖评审结果,国网杭州市萧山区供电公司荣获“全国质量奖组织奖”,成为国家电网公司系统首家获得该奖项的县级供电公司。

全国质量奖是我国质量管理领域的最高奖项,与日本戴明奖、美国波多里奇国家质量奖、欧洲EFQM卓越奖齐名。国网浙江省电力有限公司自2015年成为国家电网公司试点导入卓越绩效模式以来,逐步落地深化卓越绩效科学管理理念和方法,推进各单位优化运营过程、持续改进提升绩效,2次获得“全国实施卓越绩效模式优秀企业”。

国网杭州市萧山区供电公司争当卓越管理体系在县级供电公司导入的先行者,以“基础、基层、基本功”建设为着力点,系统策划、分步导入卓越绩效模式,并结合自身经营管理特点,进行卓越绩效模式在电网企业落地的探索。同时积极实施“公司本部—生产单位—班组”的三级落地推广应用,深化卓越绩效“最后一公里”,取得积极成果,并先后获得全国电力行业质量奖、浙江省卓越经营奖、全国实施卓越绩效模式先进企业、全国实施卓越绩效模式先进企业特别奖等奖项。

该公司坚持强优补短、持续改进,围绕国家电网公司质量管理提升工作思路,推动实现企业运行过程和运营绩效的持续改进。

来源:中国电力新闻网

基于事件驱动机制的 电网事件快速捕捉方案

林振科, 王辉

(国网浙江宁波供电公司, 浙江 宁波 315000)

摘要: 通过对电力调度自动化系统实时数据库和关系数据库介绍了电网事件捕捉方案, 阐述了整个电网事件捕捉方案的构成, 分析了其中的关键技术, 以确保电网事件快速捕捉方案的正常运行, 帮助工作人员及时发现电网运行中存在问题, 便于工作人员及时处理, 提高了电网运行的安全系数。

关键词: 事件驱动机制; 电网事件捕捉方案; 实时数据库

中图分类号: TM862

在电网运行中, 只有及时对各项数据进行分析, 掌握电网的整体运行状况, 及时对其中存在问题进行分析, 才能区别整个电网安全运行。基于事件驱动机制的电网事件快速捕捉方案可以及时对大量的电网数据进行分析, 通过建模, 可以快速地对事件进行捕捉, 提高了电网运行的安全性。

1 电网事件驱动机制

事件主要是指引起整个系统出问题的导火索。电网事件指对电网正常运行造成影响事件, 主要表现为某些事件发生的瞬间, 其物理状态在短时间出现不同程度的波动, 从而对电网运行的稳定造成一定的影响。电力系统事件主要包括: 分闸、保护动作等。并且各个电网事件的特征也各不相同, 所以在研究中所采用的方式也各不相同^[1]。

2 基于事件驱动机制的电网事件快速捕捉方案

2.1 功能模块的划分

事件捕捉主要指的是第一时间捕捉已经发生的事件, 在对其进行综合分析的基础上, 了解事件发生原因, 并且还要对不同事件进行记录分类记录。事件捕捉系统包括事件建模、模型与数据关联、事件订阅、事件分析等模块。事件建模在对事件对象整体特征规律进行捕捉分析的基础上得出相关判断业务规则; 模型与数据关联模块实现事件对象特征属性与数据源之间相关性的分析; 事件订阅模块完成触发捕捉事件的条件定义, 在满足触发条件的基础上, 能够实现对时间的捕捉事件; 事件分析模块主要对捕捉事件对象的具体过程进行判断分析, 并

结合业务规则进行深入探究^[2]。

事件建模模块主要作用是将各项数据信息传输到该模块中, 然后模块可以及时对事件属性进行判断, 最终确定业务规则; 通常来说模型属性可以分为: 常量、及时从综合数据库获取信息、从实时数据库获取信息、表达式。模型和数据之间管关联可以利用模型实例实现。在元素建立过程中, 工作人员可以依据模型的属性确定元素值, 然后通过相关计算从而确定模型和数据之间的关联^[3]。

事件订阅模块主要的作用是对事件发生的条件及原因进行定义。用户在实际应用中及时设定触发条件, 并且还要将这些内容输入到模块。当某些事件满足这些条件, 系统可以自动进行片判断。

事件分析模块主要作用是对相应的事件进行分析, 模块可以依据事件发生地点的ID, 及时获取相应的信息, 可以进一步掌握其他数据及业务规则, 就可以及时完成对相关事件的判断, 并且及时将结果进行推送, 储存到据库。系统在运行中可以从不同较多出发, 进行多层次的查询, 然后对各项数据进行分析, 就可以获取整个电网事件分布规律, 事件捕捉过程的数据流图如图1所示。

2.2 关键技术

2.2.1 电网事件建模

在整个系统运行中建模是捕捉电网事件的前期, 如果模型出现问题, 就会对整体结果造成影响, 甚至可能出现将电网正常运行状态当作事件对其进行捕捉或者由于各种因素的影响, 不能及时对各项数据进行捕捉, 造成严重的资源浪费, 甚至还会对整个系统的安全运行造成较大影响。在以往工作开展

中，由于不具备相应的是记录手段，不能及时对整个电网的运行数据进行记录，致使整个电网事件在捕捉过程中缺乏必要的数据库支持，对电网事件捕捉准确性造成较大影响。在该方案中，实时数据库的应用一定程度上为新模型的建立提供技术支持以及数据支持^[4]。

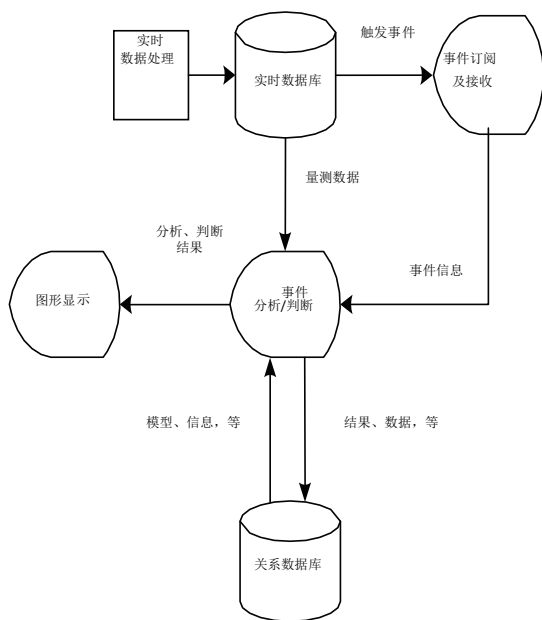


图1 事件捕捉过程的数据流图

电力系统建模形式主要体现为三点：完全根据元件机理进行建模，工作人员通过对元件的构造原理进行分析，按照相应的物理以及化学等知识导出模型方程，然后在通过相应计算就可以获得参数。及时对建模对象运行或者实验数据进行测定，然后在此基础上进行建模。利用仿真拟合进行建模。

需要注意的是在建模过程中，首先，应该保证模型可以对某项电网事件的本质进行准确描述，及时对事件特征、参数等进行区分；其次，还要确保模型可量化，其主要目的是为了实现对数据的自动捕捉以及自动分析；最后，模型要尽可能地简单化，可以及时实现订阅。

2.2.2 事件捕捉过程

在实际的应用过程中，事件捕捉系统的主要原理在于在系统模型的基础上，通过事件模型的整体分析，形成事件捕捉。在该模型中，储存了事件捕捉的方式以及对数据的分析判断，如果发生问题，就可以自动就事件内容与模型进行比较探索，分析

所对应事件模型的实际情况，提升捕捉精准程度^[5]。系统数据主要包括了实时数据库以及关系数据库。关系数据库主要作用是对一些静态信息及时进行储存，实时数据库主要作用是对一些实时数据库进行储存，并且还可以及时对其进行分析检索，通过信息对比，就可以及时对电网的运行状态进行记录，帮助工作人员掌握电网的实际情况，实现对电力调度自动化系统的综合管理。实时数据库在应用中可以实现对电网事件的快速捕捉，并且还具有通知服务。通知服务本质为：及时对整个电网事件触发条件进行订阅，如果出现订阅定情况，就表明满足且触发电网事件捕捉的要求，那么通知服务就可以及时向事件捕捉系统发送相应的消息，系统就会及时对整个事件进行分析判断，然后就可以实现对电网事件的实时捕捉。

2.2.3 实时数据的存储与获取

在精准电网数据的基础上，电网事件实现对数据的分析和捕捉，保证数据真实性和实效性，在电网自动化水平不断提升的背景下，电网各项业务开展都需要自动化技术的支出，在业务种类与数量持续增多的情况下，传统低频率数据存储方式已经不适应现代化电网管理方法，需及时做出改变。为提升数据存储效率，提升业务开展质量，实现现代化电网的实时需求。作为数据库系统中的核心部分，实时数据库承担着重要责任，实时处理技术与数据库技术的融合，能够在极大程度上提升数据实时处理效果。在实际的电网调度自动化系统中，实时数据库在对电网数据进行收集分析的基础上，为电网运行和业务开展提供精准有效的数据。

目前电网调度自动化基本上都采用的是前置机对各项数据信息进行采集处理，然后将其储存到整个数据库中，以分钟为单位来进行数据的储存，也就是关系数据库，实时数据库发挥其应有作用，与此同时，关系数据库采取传统方式来实现电网运行及业务开展中的数据记录，而实时数据库主要是电网实时运行数据进行分析并记录。而电网事件的捕捉事件实际上就是实时数据库的利用。

严格执行 IEC 61970 系列的相关准则及时对电力系统公共信息模型 (CIM) 以及相关接口进行规

(下转第 39 页)

电网系统调度故障自动识别处理方法研究

吴文博, 阿咪娜

(内蒙古电力(集团)有限责任公司阿拉善电业局, 内蒙古 阿拉善盟 750306)

摘要: 针对传统的电网系统调度故障自动识别处理慢的问题, 对电网系统调度故障自动识别处理方法进行设计。将电网分布成多个子区域, 实时监测电源管理单元流入某区域的电流, 实时搜索故障区域, 在此基础上, 针对故障区域中的每条线路, 分别建立纯故障等值模型下的各边界节点的故障分量电压方程, 确定故障线路, 为保证对电网系统调度故障问题实时识别处理, 设置监控界面, 保证对电网系统调度故障自动识别处理的速度。实验对比结果表明, 该方法比传统方法对于电网系统调度故障能够快速识别, 并且能够及时对故障报警提醒, 大大减少了电网系统调度故障带来的损失。

关键词: 电网系统; 调度故障; 自动识别

中图分类号: TM734

随着社会经济的发展, 我国的电力产业呈现出高速优化的态势, 电网实现了全面升级。电网的规模不断扩大提高了电网的可靠性和供电质量, 电网调度中心都配备了先进的计算机系统^[1], 先进的设备大大提高了电网系统运行的自动化程度, 减轻了运行人员繁重的工作。但是给人们带来便利的同时也带来了潜在的危险, 电网调度系统中仍然存在较为常见的故障, 如各种原因造成大量信息的涌入, 给运行人员在紧急的状态下的信息识别增加了难度, 特别是电力系统调度上发生复杂的故障时, 这些大量的警报信息将会涌入调度中心, 增加了工作人员的紧张状态, 并且难以进行正确识别, 还可能因为错误的判断而扩大故障。另外, 电网系统中还存在一定的缺陷, 例如信号误传和丢失的现象经常发生。基于此对电网系统调度故障自动识别处理方法进行研究, 对电网中系统调度故障处理是非常有必要的。

通过对电网系统调度故障自动识别处理方法设计, 能够剔除电力系统中无用的信息、准确的定位故障路径, 向运行人员提供处理事故的依据, 并且能够辅发生的故障进行有效的报警处理提醒

1 电网系统调度故障自动识别处理方法设计

1.1 故障区域搜索

在电网系统中, 存在 n 个部件结构, 其中任何一个出现问题, 都会导致电网系统调度产生故障, 针对这种情况, 将电网分布成多个子区域, 即每个

区域边界母线节点上布置一个电源管理单元^[2], 实时监测电源管理单元流入某区域的电流, 图1所示为电网系统局部的电网拓扑结构。

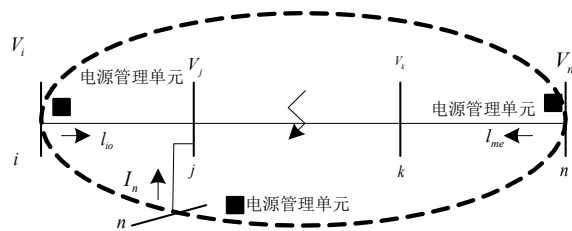


图1 电网局部拓扑结构

图1为电网的局部拓扑结构, 在某区域内部发生故障时, 流入该区域的节点上的电流源之和会比没有故障之前的电流大, 此时把边界节点上的正序、负序、零序电流分别相加, 来获得各自的电流和幅值, 若此值大于预定值, 则代表该区域为故障区域。为保证故障区域的准确性, 对正序电流比值变量进行定义, 当正序比值变量大于正序预定值时, 则代表该区域发生故障, 计算公式为

$$Q_i = \sum_k^{p-1} E_{k \rightarrow i} \frac{P}{M_e} \quad (1)$$

式中: Q_i 为正序电流之和; M_e 为正常时各边界节点的正序电流之和; p 为某区域边界的电源管理单元节点的总个数。此次计算不做定向分析。

由于在电网系统调度故障之前的负序^[3]、零序电流之间不存在分量, 所以不必定义, 按照上述公式判断该区域是否发生故障, 以此确定故障的区域,

为下一步故障线路识别提供基础。

1.2 确定故障线路

在上述故障区域搜索完成后,针对故障区域中的每条线路,分别建立纯故障等值模型下的各边界节点的故障分量电压方程。将各边界节点上的有限电源管理单元的电气量,代入分量电压方程,计算公式如下:

$$\Delta Q_i = \sum_x^n U_d(T \times R_i) \quad (2)$$

式中: Q_i 为系统中的节点电压向量; R_i 为节点电流向量; T 为故障点的虚拟节点。此次计算不做定向分析。

当系统发生故障时,故障点有故障电流注入,此时将该故障点看做是一个虚拟的节点,并将不同类型的故障,根据叠加原理,将故障后的模型等效分解为故障前的等值模型,由此建立子区域各边界节点的故障分量电压方程:

$$R_s = \frac{|I \cdot P_2|}{\sum_c t \times \frac{s}{t_i}} \quad (3)$$

式中: R_s 为故障分量电压; t_i 为变量参数; s 为故障线路; I 为故障电流。此次计算不做定向分析。

利用上述得到的故障分量电压方程组,采用最小二乘法,求解此线路的故障点位置^[4],计算公式如下所示:

$$I = \sqrt{DT \times \sum_v f_n} \quad (4)$$

式中: f_n 为引入的最小二乘法参数; T 为故障点位置。此次计算不做定向分析。

通过上述公式,得到故障线路和具体的发生故障的位置点,以此识别到电网系统调度故障发生位置。

1.3 实现电网系统调度故障的自动识别处理

为保证对电网系统调度故障问题实时识别处理,设置监控界面,使电网系统中的所有节点都处于被监视状态^[5],将系统中的节点运行状态自动进行保存到计算机中,以方便出现故障后工作人员的处理。同时,将检测到的数据通过图形的方式进行显示,工作人员可以通过对出现故障的图形进行直观的分析,并且如果在监视的过程中,如果发现监控数据和正常数据不同时,提出报警提醒,有利于及时发

现和对故障的及时处理。根据报警信息的不同区分是一般报警信息还是事故报警信息,对于不同类型的故障设置不同的报警形式,主要有报警窗提醒、报警条显示、音响报警等,所有的报警均可记录并以多种检索的方式进行查看或者打印。另外,对于事故信息进行优先播报,报警的信息可以按照节点或者登陆人员进行过滤波^[6],可以提供图形界面设置过滤条件,并且对于不同的事故报警进行分窗口显示,将已处理的信息和未处理的信息用颜色进行区分,以减少对于故障问题处理的时间,减少电网调度故障出现的损失。

2 实验

上述设计只是从理论上证明了此次设计的有效性,为了验证本次设计的方法具有实际应用意义,进行仿真实验,并且为了保证实验的严谨性,将传统方法与本次设计的电网系统调度故障自动识别处理方法进行对比。实验选取某地电网,并设置相同的故障点,故障点设置如表1所示。

表1 实验参数设置

故障类型	线路	各线路故障点位置
AG	L15	$\alpha = 0.4653$
	L14	$\beta = 0.6459$
	L9	$\chi = 1.2854$
AB	L15	$\alpha = 0.7511$
	L14	$\beta = 0.1651$
	L6	$\chi = 1.0581$
ABG	L12	$\alpha = 1.5458$
	L15	$\beta = 0.8641$
	L13	$\chi = 1.0245$
ABGE	L14	$\alpha = 0.4536$
	L16	$\beta = 0.1536$
	L9	$\chi = 1.4633$

表1为设置的实验参数,将两种方法投入实验环境中,对比2种方法识别处理电网系统调度故障的速度,实验对比结果如图2所示。

通过图2可以看出,传统的电网系统调度故障自动识别方法在进行故障识别处理时,处理速度较慢,对于故障不能很好的识别处理,而本文设计的电网系统调度故障自动识别处理方法能够在短时间

内就能识别到电网系统调度故障，并且能及时对故障进行处理，减少了电网系统调度故障带来的损失。

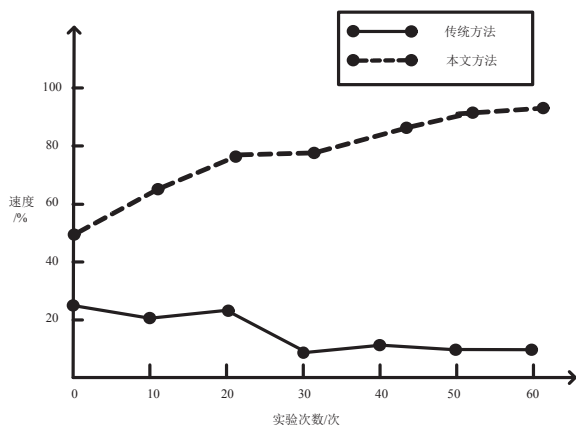


图2 调度故障识别处理对比结果图

3 结束语

综上所述，电网系统调度如果出现故障，会对人们的生产生活产生严重的影响，所以对于电网系统调度故障的快速处理有很重要的意义。本文针对传统的电网系统调度故障的识别处理方法处理速度慢的问题，设计了一种电网系统调度故障自动识别

(上接第36页)

范，确保调度自动化系统在运行中可以及时对实时数据库进行访问，然后及时和关系数据库的访问进行结合，从而定形成一些列的数据访问层。模型和测点的相关数据以及写入到系统中可以正常使用。

前置机实时数据在经过实时数据库的分析处理以后，就可以及时将各项数据信息存在如到实施数据库中并且将数据存至内存实时数据库供系统原有业务进行访问。

在关系数据库信息分析的基础上，事件分析模块能够对相应的实时数据库进行测点，并获取其名称，数据访问层，得到事件捕捉应要的实施数据，以此来支持事件分析，实现最终电网事件捕捉。事件捕捉系统的集成态参数等。而实时数据库中则对动态的测量数据进行全息存储，完整记录电网的运行状态，有力地支撑了电网事件分析中对量测信息的需求。

3 结束语

综上所述，基于事件驱动机制的电网事件快速

处理的方法。通过此方法能够减少故障的识别处理速度，能够实现对电网系统的实时监测，并且能够在发生故障时进行报警提醒，减少了电网调度故障带来的损失，具有一定的实际应用意义。

参考文献

- [1] 风雨, 杨宁, 倪素琼. 调度自动化系统通信网络在线分析及故障诊断定位技术[J]. 自动化与仪器仪表, 2017, 34(12): 189-191.
- [2] 李娟, 高厚磊, 弓新月, 等. 一种用于配电网故障数据自同步的故障时刻检测方法[J]. 电力系统保护与控制, 2018, 46(4): 92-98.
- [3] 徐萌, 邹贵彬, 陈宁, 等. 基于故障超前相的有源配电网能量方向纵联保护方法[J]. 电力自动化设备, 2017, 37(1): 58-64.
- [4] 李镇义, 孙云枫, 李焱, 等. 电网调度控制系统公共信息模型文件快速查询方法[J]. 电力系统自动化, 2017, 41(9): 116-122.
- [5] 张勇. 智能电网调度控制系统实时监控与预警功能规范解读[J]. 中国电力, 2017, 50(11): 48-53.
- [6] 黄煜, 徐青山, 蒋贤强, 等. 含新能源接入的区域电网低碳电力调度方法[J]. 电力系统自动化, 2018, v.42;No.634(12): 25-32.

(责任编辑:张峰亮)

捕捉方案的设计对电网的安全运行具有重要意义, 不仅能提高资源利用效率, 而且还能确保电网安全运行。电网事件快速捕捉方案设计中实时数据库的应用可以为整个系统的运行提供动态数据, 满足系统运行对数据的需求, 然后通过对各项的数据的整理分析, 实现对事件的快速捕捉, 及时对整个电网的运行状况进行记录, 确保电网的正常运行。

参考文献

- [1] 李佑文, 褚红健, 王志心, 等. 基于事件驱动机制的城市轨道交通电力监控培训仿真系统设计[J]. 现代城市轨道交通, 2017(6): 75-79.
- [2] 许文盈, 曹进德. 基于事件驱动机制的多智能体系统协调控制研究综述[J]. 南京信息工程大学学报(自然科学版), 2018, v.10;No.56(04): 5-10.
- [3] 杨超, 姚伟, 文劲宇. 基于事件驱动的含风电互联网负荷频率鲁棒控制[J]. 电力系统自动化, 2018, v.42;No.638(16): 63-70.
- [4] 陈维荣, 陆文婷, 戴朝华. 基于事件驱动的微电网多目标趋优控制[J]. 西南交通大学学报, 2013, 48(5): 885-891.
- [5] 崔竞松, 路昊宇, 郭迟, 等. 基于事件驱动机制的虚拟化故障检测恢复系统[J]. 计算机工程, 2015, 41(2): 7-11.

(责任编辑:张峰亮)

考虑配电网发展匹配度及均衡度的投资策略优化

刘莹¹, 潘伟²

(1. 山东国研电力股份有限公司, 山东 济南 250000;
2. 济南市人防安全应急救援中心, 山东 济南 250000)

摘要: 投资分配策略以配电网关键评价指标体系为基础, 通过现状电网发展水平和投入产出评价分析, 找准配电网发展存在的突出问题。投资分配体系引入“最优化理论”, 结合未来电网发展规模需求, 建立考虑配电网发展匹配度及均衡度的投资策略综合决策方法。创新提出基于问题导向的精准投资量化计算方法, 从宏观层面多维度分析确定配电网投资重点领域, 最终实现精准投资目标。

关键词: 投资策略; 最优化理论; 匹配度; 均衡度

中图分类号: TM873

配电网投资决策与电网企业未来的发展紧密相关, 正确有效的投资决策可以使企业优先占据市场, 获得竞争优势^[1]。投资决策具有择优性, 在参考规模, 兼顾需求的基础上, 充分考虑配电网投资效益评价结果, 将投资决策问题转化成求解最优化问题。通过搭建数学模型, 寻求在规模、需求约束下最优配电网投资分配方案, 从而实现配电网投资策略优化^[2]。

1 研究思路

明确优化目标, 即以投资效益最大化为优化目标。

参考配电网投资效益评价结果, 量化目标函数参数^[3]。

通过网供负荷量化参与评价的各子单元的现状电网规模, 并以规模为参考, 制定初始投资分配方案。

统筹考虑电网内、外部需求, 确定需求系数, 对初始投资分配方案进行调整^[4]; 其中, 外需主要考虑负荷增长, 内需主要考虑电网薄弱环节。此处, 为了更加合理地量化需求系数, 统筹考虑电网发展匹配程度和均衡程度, 构造投资方案调整因子。

以调整的投资分配方案为基准, 引入“最优化理论”, 以投资效益最大化为目标, 通过自适应遗传

算法迭代求解, 得到最优的投资分配方案^[5]。配电网投资策略图如图1所示。

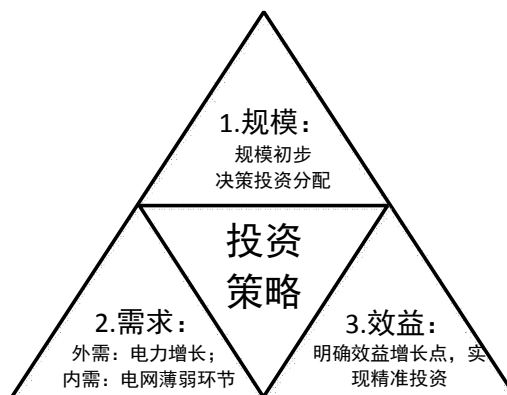


图1 配电网投资策略

2 投资分配模型

2.1 理论基础

最优化 (Optimization) 理论, 或称为数学规划、运筹学, 指研究数学上定义的问题的最优解, 一般可归结为在给定的各种约束条件下寻找最佳方案的问题。最佳的含义有很多: 成本最小、收益最大、利润最多等, 其本质即在资源给定时寻找最好的目标, 或在目标确定下使用最少的资源。

投资决策是指投资者为实现预期目标, 运用一定的科学理论、方法和手段, 对投资的必要性、投资目标、投资规模、投资方向、投资结构、投资成

本与收益等经济活动中重大问题所进行的分析、判断和方案选择的过程。投资决策具有择优性,即投资决策问题可以转化成求解最优化问题。在实际决策过程中,影响目标方案的因素是多方面的,为了使决策结果更加合理,应同时考虑多方面因素,确定多个约束条件,从而保证决策的综合效果最佳^[6]。

本文投资分配模型在参考规模,兼顾需求的基础上,充分考虑配电网投资效益评价结果,实现配电网投资策略最优化^[7]。首先,搭建配电网投资分配模型,将投资分配问题简化为如下形式:

$$V = \max (f (x)),$$

$$s.t. \begin{cases} g_i (X) \leq 0, i = 1, 2, \dots, M \\ X = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in E^n \end{cases} \quad (1)$$

式中: V 为优化目标, X 为自变量组成的向量, $f (x)$ 为目标函数, 优化目标即为实现目标函数的取值最大化, $g_i (X)$ 为多个约束条件。

2.2 目标函数

本文在给定全省总投资的情况下,以各地市最优化投资分配为目标展开研究。目标函数主要考虑投资效益,即在何种投资分配方案下得到投资效益的最大化。因此,目标函数设置如下:

$$f (x) = \sum_{i=1}^n a_i x_i \quad (2)$$

式中: x_i 为第 i 个地市的投资分配额, a_i 为第 i 个地市投资分配额对于目标函数的贡献度。

贡献度的量化主要根据历史某投资期内配电网投入产出评价结果^[8],采用投入产出得分作为衡量贡献度的主要参数,得到如下确定方案:

$$a_i = \frac{S_i}{S_{\min}} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

式中: a_i 为贡献度; S_i 为第 i 个地市的投入产出得分; S_{\min} 为所有参与评价的地市中投入产出得分最小值。

2.3 约束条件

统筹考虑规模和需求确定约束条件,本模型的约束条件共有 2 个,分别是总投资额约束和规模及需求约束。

2.3.1 总投资额约束

$$I = \sum_{i=1}^n x_i \quad (4)$$

式中: I 为全省总投资,即 n 个地市投资额的加和应

等于全省总投资。

2.3.2 规模和需求约束

按照规模确定各地市投资基准值:

$$x_{i0} = \frac{\mu_i}{U} I \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (5)$$

式中: x_{i0} 为第 i 个地市的初始投资基准值; I 为全省总投资; μ_i 为各地市等效规模量,此处采用现状负荷量进行等效; U 为全省等效总规模量。

按照需求对投资基准值进行优化,确定需求引导下的优化投资基准值 x_{i0}' :

$$x_{i0}' = k_i x_{i0} \quad (6)$$

式中: k_i 为需求系数, $k_i = k_{1i} k_{2i}$ 。需求系数主要从两方面考虑,一是负荷增长系数 k_{1i} ,二是电网发展需求系数 k_{2i} 。

负荷增长系数 k_{1i} 的确定

$$k_{1i} = 1 + l_{2i} - l_{c1} \quad (7)$$

匹配度及均衡度分析:为客观评估现状配电网建设改造需求,此处引入配电网匹配度分析及均衡度分析以确定匹配度因子、重载因子和轻载因子。

匹配度分析:为量化分析配电网发展水平与负荷增长的匹配关系,本文结合配电网容载比的选择标准^[9],根据水平年各电压等级容载比实际值,按照下述函数模型计算分电压等级匹配度。然后以各电压等级网供负荷比例做权重,加权计算得到配电网综合匹配度,如表 1 所示。

$$p = \begin{cases} \frac{r}{R_{\min}}, r < R_{\min} \\ 1, R_{\min} \leq r \leq R_{\max} \\ \frac{r}{R_{\max}}, r > R_{\max} \end{cases} \quad (8)$$

式中: p 为匹配度; r 为地市实际容载比; R_{\min} 为导则推荐容载比区间的下限值; R_{\max} 为导则推荐容载比区间的上限值^[9]。

表 1 110—35 kV 电网容载比选择范围推荐表

负荷增长情况	较慢增长	中等增长	较快增长
年均负荷增长率 k	$k \leq 7\%$	$7\% < k \leq 12\%$	$k > 12\%$
110—35 kV 容载比	1.8~2.0	1.9~2.1	2.0~2.2

均衡度分析:为分析配电网发展水平的均衡度,引入重载因子和轻载因子 2 个指标,函数模型如下:

$$z = \frac{(Z_{\text{主变}} + Z_{\text{线路}})}{2} \quad (9)$$

式中： Z 为重载因子； $Z_{\text{主变}}$ 为主变重载系数； $Z_{\text{线路}}$ 为线路重载系数。

主变重载系数及线路重载系数的确定函数为：

$$Z' = \frac{Z_i}{Z_{\text{省}}} \quad (10)$$

式中： Z' 为重载系数； Z_i 为地市重载占比； $Z_{\text{省}}$ 为全省重载占比。

$$q = \frac{Q_{\text{主变}} + Q_{\text{线路}}}{2} \quad (11)$$

式中： q 为轻载因子； $Q_{\text{主变}}$ 为主变轻载系数； $Q_{\text{线路}}$ 为线路轻载系数。

主变轻载系数及线路轻载系数的确定函数为：

$$Q' = \frac{Q_i}{Q_{\text{省}}} \quad (12)$$

式中： Q' 为轻载系数； Q_i 为地市轻载占比； $Q_{\text{省}}$ 为全省轻载占比。

发展需求系数的确定：发展需求系数在参考电网发展水平评价^[2]结果的基础上，综合考虑电网发展匹配程度和均衡程度，引入调整因子，共同确定发展需求系数。

$$\begin{cases} k_{2i} = \frac{1}{\log 100 (s_i (1 + \lg (t_i)))} \\ t_i = \frac{p_i}{z_i} q_i \end{cases} \quad (13)$$

式中： k_{2i} 为 n 个地市组成的发展需求系数向量； s_i 为以分数形式体现的电网发展水平评价结果组成的向量； t_i 为调整因子，它由三部分构成， p_i 为匹配度因子， z_i 为重载因子， q_i 为轻载因子。

以优化的投资基准值为参考，上下20%作为投资分配额的调整范围，即规模和需求约束表示为：

$$(1 - 20\%) x_{i0}' \leq x_i \leq (1 + 20\%) x_{i0}' \quad (14)$$

2.3 数学模型

综上所述，配电网投资效益分配模型如下所示：

$$\begin{cases} V = \max (f(x)), \\ s.t. \begin{cases} F = \sum_{i=1}^n x_i \\ (1 - 20\%) x_{i0}' \leq x_i \leq (1 + 20\%) x_{i0}' \end{cases} \end{cases} \quad (15)$$

式中： X 为投资分配方案， $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ ； $f(x)$ 为目标函数； F 为全省总投资； x_{i0}' 为优化投资基准值。

3 结束语

本文以电网规模为基准，以需求和效益为中心，

以科学的发展水平和投入产出评价为抓手，建立精准投资策略，引导电网企业工作重点由任务完成导向转变为效率效益导向^[2]。对突出配电网发展的安全、质量、效率、效益，完善投资效益评价体系，引导各单位制定科学合理的差异化投资策略，优化投资结构，提升配电网发展质量和投资效益有重要意义^[13]。

参考文献

- [1] 卢艺, 梁俊文, 程初俐, 等. 考虑光伏和电动汽车不确定性的配电网鲁棒经济调度[J]. 电工电能新技术, 2018.
- [2] 刘莹. 考虑配电网发展现状和未来需求的投资分配策略研究[J]. 农村电气化, 2018.
- [3] 吴争, 崔文婷, 龙禹, 等. 配电网投资效果后评价及投资合理性分析[J]. 电力系统及其自动化学报, 2016.
- [4] 金翼, 陈垒, 朱明嘉, 等. 考虑阶梯投资的配电网建设改造策略优选[J]. 电力系统及其自动化学报, 2013.
- [5] 胡李栋, 卢明凯, 金博文, 等. 基于多属性决策的配电网项目必选体系研究与应用[J]. 智慧电力, 2017.
- [6] 郑明望. 项目投资决策[M]. 湖南: 湖南大学出版社, 2009.
- [7] 许晓敏. 基于电力需求和投资能力的复杂电网优化投资决策研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2017.
- [8] 陈仲伟, 黄来, 王逸超, 等. 基于全寿命周期理论的电网技术经济评价体系[J]. 电力科学与技术学报, 2017.
- [9] DL/T 5729-2016. 配电网规划设计技术导则, [S].
- [10] 岳云力, 李顺昕, 傅守强, 等. 基于资产全寿命周期成本管理的输电网规划方案比选研究[J]. 智慧电力, 2015.
- [11] 吴智慧, 王光增, 钟伟, 等. 配电网发展与投资决策动态评估方法. 广东电力, 2017.
- [12] 张心洁, 葛少云, 刘洪, 等. 智能配电网综合评估体系与方法[J]. 电网技术, 2014.
- [13] 竺炜, 王琴英, 唐民, 等. 提高有功承载能力和输电经济性的电网靶向规划方法[J]. 电力科学与技术学报, 2016.

(责任编辑:张峰亮)

资讯

新能源汽车前7月销量同比增40.9%

中国汽车工业协会8月12日发布数据显示, 2019年1—7月, 我国汽车产销量达1393.3万辆和1413.2万辆, 同比下降13.5%和11.4%。其中, 新能源汽车产销70.1万辆和69.9万辆, 同比增长39.1%和40.9%, 新能源汽车产销近期增速有所放缓, 但总体保持稳步增长。

来源: 中国电力新闻网

基于配网可靠性数据的检修计划业务水平评价模型应用研究

郑博文

(云南电网有限责任公司玉溪供电局, 云南 玉溪 653100)

摘要: 合理高效的检修计划是能够减少重复停电、低效停电, 有利于提高电力系统运行可靠性及系统运行经济性。通过分析检修计划的预编排流程及管理要求, 结合年、月、日停电计划数据、可靠性数据及10 kV中压停运数据, 在分析和提炼配电网检修计划编制的原则和应考虑因素的基础上, 确定检修计划评价指标要素, 以可靠性、合规性作为准则, 以供电可靠率期望值等新型可靠性指标为基础, 构建基于配网可靠性数据的检修计划业务水平评价的指标体系, 通过综合评价模型对配电网检修计划业务水平开展评级, 以指导检修计划排程优化工作。

关键词: 配电网; 可靠性; 检修计划; 层次分析法; 综合评价法

中图分类号: TM71

配电网停电计划的管理是供电企业的一项重要业务, 关系到电网的安全可靠运行以及供电企业的经济效益和社会效益。随着电网规模的不断扩大, 设备数量增多, 用电负荷也发生了快速增长, 检修计划管理的复杂度越来越高, 同时用户对供电可靠性和供电质量的要求也越来越高, 从而对检修计划管理水平提出了更高的要求, 对高质量的检修计划编制要求越来越迫切。检修计划是一个从时间维度不停逼近的过程, 年、月、日检修计划滚动编制, 因此, 基于海量的可靠性数据, 对检修计划业务水平的评估, 提升检修计划业务水平, 是供电企业降低停电时间, 提升供电可靠性的基础和保障, 具有更为特殊的现实意义^[1]。

1 检修计划评价指标体系构建

本文通过深入的调研分析, 在广泛征求多位电力企业的配网检修计划专家意见的基础之上, 结合可靠性数据, 明确配网检修计划编制及管理影响因素, 确定检修计划评价指标要素, 以可靠性、合规性作为准则, 建立了比较全面详细的检修计划业务水平等级评价指标体系^[2-6]。具体如图1所示。说明: 引入供电可靠率期望值作为基建影响时户数评价分级阈值。

2 检修计划评价模型构建

2.1 层次分析法确定权重

采用专家排序法, 抽取多名业务专家进行问卷

调查, 根据专家意见, 利用层次分析法(AHP)确定各指标权重^[3]。

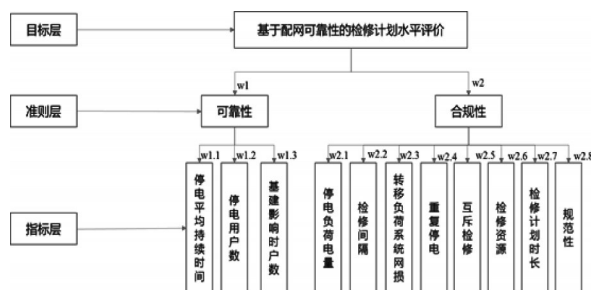


图1 评价体系框架

2.1.1 确立标度值, 建立判断矩阵

通过问卷调查得出指标的重要性赋值均数, 利用分值的高低确定相对重要性标度, 构造出指标判断矩阵。

2.1.2 计算权重系数

采用方根法即几何均数法确定权重向量(W)以及相应的最大特征值(λ_{\max})。权重计算方法为:

$$W_i = \sqrt[n]{\alpha_{i1} \times \alpha_{i2} \times \dots \times \alpha_{in}} / \sum_{i=1}^n W_i, \lambda_{\max} \text{的计算方法为:}$$

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{nW_i}。$$

2.1.3 层次排序及其一致性检验

用评价矩阵的阶数 n 查平均随机一致性指标 RI 表, 计算一致性比例 $C_R = C_I / R_I$

$C_I = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$ 。当 $C_R < 0.10$ 则认为评价矩阵合理。

2.2 总体评价模型

检修计划业务水平评价整体评价,采用综合评价法,评价计算公式为:

$$F = \sum_{i=1}^n \text{指标}i\text{得分} \times \text{指标}i\text{权重}$$

注: F 为无量纲常数,用以评价检修计划业务水平的高低。

2.3 评价等级划分

借鉴管理成熟度等级划分,结合专家建议,设计4个层次的业务水平评价模型,依次为:最优、次优、可接受和不采纳,等级划分标准如表1所示。

3 实证分析

现以某供电企业配网检修计划为研究对象,收集该区域平均停电持续时间、可靠性指标中停电用户数、线路改造前1年内产生的实际停电时户数、线路改造后1年内产生的实际停电时户数、用户年平均停电缺供电量、历史检修计划、检修定额时间等数据,通过数据比对和数据二次计算(供电可靠率期望值),按基于配网可靠性的检修计划评价指标,确定该检修计划各要素对应评分标准中取值,通过检修计划评价模型得出的分值。

表1 水平分级标准

水平级别	分值基准	等级描述
最优	90	编制的检修计划充分考虑了停电持续时间、用户数及基建影响时户数,满足停电负荷电量、检修间隔等合规性全部要求,得到可靠性最高和配网运行风险最小的优化计划,实现检修的可靠性与合规性综合最优。
次优	80	编制的检修计划在考虑停电持续时间、用户数及基建影响时户数,满足停电负荷电量、检修间隔等合规性大部分要求,具有一定的可优化空间。
可接受	60	编制的检修计划在考虑停电持续时间、用户数及基建影响时户数,停电负荷电量、检修间隔等合规性部分要求,具有较大的优化空间。
不采纳	40	检修计划未考虑停电持续时间、用户数及基建影响时户数,只满足停电负荷电量、检修间隔等合规性少部分要求,编制计划缺少内容。

表2 该检修任务评价得分明细

维度	维度权重	指标	评级	权重	评分	加权得分
可靠性	0.5	停电平均持续时间	停电持续时间小于等于可靠性指标中停电平均持续时间	0.3	100	15
		停电用户数	小于等于可靠性指标中平均停电用户数	0.3	100	15
		基建影响时户数	配电网基建改造后,检修计划降低的停电时户数达到供电可靠率期望值	0.4	100	20
合规性	0.5	停电缺供电量	用户停电负荷电量低于用户平均停电缺供电量	0.1	100	5
		检修间隔	检修间隔未超期	0.1	100	5
		转移负荷系统的网损大小	转移负荷后,系统的网损低于等于网损标准值6%	0.15	100	7.5
		重复停电次数	统计期末出现重复性停电次数	0.2	100	10
		互斥检修	同负荷点设备或者检查某些特殊的电气结构(如双母线、桥形接线中的两台主变),检修时间间隔大于1天	0.1	100	5
		检修资源	设备同时检修的个数不超过班组平均工作量	0.1	100	5
		检修计划时长	符合检修定额时间	0.15	100	7.5
		规范性	检修计划编制规范性	0.1	80	4
合计	1					99

利用层次分析法算出的权重向量：
 二个维度的权重 $W = (0.5, 0.5)$ ；
 可靠性各指标权重 $W = (0.3, 0.3, 0.4)$ ；
 合规性各指标权重 $W = (0.1, 0.1, 0.15, 0.2, 0.1, 0.1, 0.15, 0.1)$ 。

通过数据比对及二次测算该任务各项指标评价分级情况如表2所示。

从评价结果可以看出，此检修计划评估等级最优，说明此检修计划充分考虑了停电持续时间、用户数及基建影响时户数，满足停电负荷电量、检修间隔等合规性全部要求，得到可靠性最高和配网运行风险最小的优化计划，实现检修计划的可靠性与合规性综合最优。

4 结束语

本文在分析和提炼配电网检修计划编制的原则和应考虑因素的基础上，以可靠性、合规性作为准则，以配网可靠性数据为基础，构建检修计划业务水平评价的指标体系，通过评价模型为配电网检修计划的优化提供的理论支撑依据，通过配电网检修计划的反复评价，最终得到优化的检修计划，最终实现检修计划科学管理，有一定的借鉴意义。

参考文献

- [1] 钟俊毅, 吕飞鹏, 陈厚思. 编制配电网检修计划的辅助方法及仿真[J]. 四川电力技术, 2008, 31(3): 70-74.
- [2] 万凌云, 刘洪, 李吉峰, 等. 基于供电可靠性的配电网检修方案比选研究[J]. 山东电力技术, 2018, 45(1): 20-28.
- [3] 卢筱. 基于优化排序的电网设备检修计划编制研究[J]. 设备管理与维修, 2017, 12(下): 55-56.
- [4] 胡嘉凯, 徐敏. 适用于配电网的检修计划优化[J]. 华东电力, 2012, 40(10): 1812-1814.
- [5] 李刚, 李善综, 程春田, 等. 电网检修计划编制的智能可视化方法及应用[J]. 电力系统保护与控制, 2012, 40(13): 145-150.
- [6] 倪秋龙, 项中明. 基于大数据分析的配网停电计划管控体系[A]. 浙江电力行业2017年优秀管理论文集, 2017: 196-197.

作者简介

郑博文(1983—),男,云南玉溪人,硕士,高级工程师,主管电网可靠性规划及专业指标管理工作。

(责任编辑:刘艳玲)

资讯

国家电网精彩亮相2019年智博会

8月26日,2019年中国国际智能产业博览会在重庆召开。国家电网展区在重庆国际博览中心S6馆精彩亮相,集中展示“三型两网、世界一流”建设成果,获得社会各界广泛好评。

本届智博会为期4天,60余个国家共843家企业参展。展会以“智能化:为经济赋能,为生活添彩”为主题,突出专业性,聚焦人工智能、大数据、云计算、5G、区块链等全球智能技术最新成果,围绕“会”“展”“赛”“论”4大板块,开展一系列“前沿、高端、有新意”的活动。

国家电网展区以“深入学习贯彻习近平新时代中国特色社会主义思想,全面加快建设‘三型两网’世界一流能源互联网企业”为主题,占地800 m²,设置3个展示区,以国网绿、科技蓝和莹白色为主色调,通过图片、视频、实物场景、模型、VR体验、实时互动和多媒体高科技展示手段,着力强化展示效果,体现互动性参与性,突出时代感现场感,提升吸引力感染力,彰显了公司科技创新的蓬勃动力。

走近国家电网展区,共享杆塔、多站融合变电站、智慧车联网平台、“渝e行”监测平台、网上国网App等,57项泛在电力物联网建设展品格外亮眼,观众们纷纷驻足,饶有兴趣地观看、了解,并积极参与互动体验。

今年1月,国家电网公司首次提出“三型两网、世界一流”的全新战略目标。即把企业打造成枢纽型、平台型、共享型的坚强智能电网和泛在电力物联网,这是公司加快电网转型升级,破解能源发展到2050年出现“两个50%”的战略决策。首个共享杆塔、首个物资智慧物联一体机、首批线上产业链金融产品清单……随着泛在电力物联网建设的稳步推进,国家电网一批审定下达项目相继建成投运,不断刷新建设记录。

受寇伟同志委托,公司总信息师兼互联网部主任孙正运参加展览活动。公司党组宣传部相关负责同志、国网重庆电力主要负责同志陪同参加。

来源:国家电网公司

变电站智能化运行设备维护技术在电力系统中的应用

陈健

(国网兴化市供电公司, 江苏 兴化 225700)

摘要: 变电站运行设备维护技术是电力系统能够正常运转、应用的重要根本,也是电力企业经济增长的重要保障。为了强化设备系统维护,必须在变电站运行设备与电力系统之间建立联系,科学分配电能,重点强化变电设备的安全管理与设备维护,实现对设备的全面维护监控。探讨了变电站运行设备的智能化维护技术,并在电力系统中设计应用智能化维护管理系统,以期待全面升级变电站运行设备运维水平,为企业赢得更大经济效益与社会效益。

关键词: 变电站运行设备; 电力系统; 维护技术; 在线监测装置; 系统设计

中图分类号: TM63

变电站运行设备维护技术专门针对电力系统展开,它是促进电力企业经济与技术发展进步的重要保障。在整个电力系统的运行过程中,须保证系统稳定运行,科学分配电能,重点强化变电设备的安全管理与维护技术应用内容,实现对设备的全面监控。为此,变电站就必须引入智能化变电站运行设备维护技术体系,全方位实现设备管理维护,保证变电站日常生产高稳定性和高效率性。

1 变电站运行设备维护技术应用现状

变电站运行设备属于电力系统中核心部分,是系统发展与维护的关键。为了避免电网停止运行,必须围绕设备中的多项内容展开分析,但由于变电站运行设备内容复杂,再加之工作人员偶尔会呈现松懈工作状态,因此设备维护是存在一定复杂性与风险性的,容易导致安全事故发生几率升高。

举例来说,目前220 kV变电站在运行设备检修过程中容易出现由某种原因所导致的带地线送电事故,对其事故原因分析会发现首先技术操作人员没有做到对地线编号的有效核对,出现了错误拆除地线、随意解锁程序使用的行为,导致接地线出现漏拆现象。而在设备送电前,所有安全措施均已被拆除,但技术操作人员疏忽了对现场回路的全面检查,导致操作票没有切实标注地线挂线位置,最终发生错误判断状况。上述问题说明了传统的变电站运行

设备维护技术在电力系统中的应用循规蹈矩,它在提高变电站安全运行效率方面进展相当缓慢,无法保证设备整体维护水平上升,因此有必要为变电站引入智能化设备运行维护技术,将新技术完全融入到电力系统应用体系当中^[1]。

2 变电站智能化运行设备维护技术在电力系统中的应用分析

2.1 变电站智能化运行设备维护技术在电力系统中的应用现状与功能需求

目前变电站的运行设备在生产工作中其整体负荷随着电网高速发展而快速增加,继续采用传统变电站运行设备维护技术可能无法满足电力系统发展要求,因此必须思考引入智能化运行设备维护技术,改变传统运维系统过度封闭的技术应用现状,而是将无油化、自动化、微机化、小型化设备引入到变电站中,实现变电站运维管理工作的全面提升,安排明确具体的工作周期内容,实现科学化运维管理。

基于上述内容,就能率先提出变电站智能化运行,设备维护技术在电力系统中应用的具体功能需求。首先,应建立智能化变电站的设备评估体系,对变电站运行设备的投运年限、电压等级、电网地位、负荷水平、自动化程度、健康状况、负荷状况等等进行综合评估分析,并构建一套行之有效地智能化变电站设备评估体系,专门实施动态化巡视评估系统,并提出确定巡视和间隔巡视2种巡视方式,

动态观察了解站内的运行设备工作状态与老化情况,确保整个电力系统应用安全到位。以优化巡视内容为例,它就在电力系统中创建了“巡视卡片”,同时配合PDA(掌上电脑)等先进技术手段辅助现场展开巡视工作,并汇报巡视结果,确保现场巡视工作客观、即时、定量、定性完成。

再者,智能化变电运行设备维护技术也会为电力系统建立一套科学有效的评估体系,协助实际评估工作输入智能化变电站评估要素,例如针对投运年限、电压等级、电网地位、装置型式等,保证评估体系预设到位,对变电站设备进行评分,并根据分区段制定一套科学巡视周期,确保评估体系可被灵活设置,在电网体系的不断完善与改造过程中实现对评估体系的持续性优化,如图1所示。



图1 智能化变电站评估体系的建设思路示意图

智能化变电站评估体系拥有高效化的巡视工作能力及评估能力,可对巡视结果进行优化,并记录于系统中,便于查询分析相关信息数据内容,可提供超越传统一般巡视与精细化巡视的功能应用,确保巡视与随后的评估工作更具有针对性。为了提高变电站运行设备维护与评估巡视效率,站内还专门为巡视人员配备了手持智能化终端设备,其操作界面与中心系统操作页面相同,操作方式相当简单,设备中的新增模块可实现平滑升级,保证系统方案设计合理到位,同时也具备一定的硬件扩充可能性。

2.2 变电站智能化运行设备维护技术在电力系统中的应用原则

首先,变电站智能化运行设备维护技术具有可维护性,为了保证技术系统应用安全,它具有智能化升级与智能化硬件扩充能力,可随时针对已存在问题进行纠正处理,通过升级新版本修正解决问题。

其次,新智能化技术系统可利用服务器快捷处理来自于本地数据库与其他业务系统的提取数据内容,并将不同数据内容与不同后台联系起来,进而为电力系统设备维护提供更加充分的参考依据与更充裕的数据信息内容。

再次,新智能化技术系统的拓展性更强。在软件层面,系统主要设计了分层模块化结构模式,它预留冗余接口,以便于满足功能扩充需要,同时它也直接加入了相匹配的功能模块,可对系统应用程序中的某些冗余内容进行修改和剔除,满足所有用户的分阶段升级系统需要。它可在硬件方面实现对系统的灵活配置组合,同时管理软硬件的更新升级事项,保证系统始终能够满足用户的不断升级要求^[2]。

2.3 变电站智能化运行设备维护技术在电力系统的设计应用

2.3.1 技术总体结构与功能定义分析

一套完整的变电站智能化运行设备维护技术系统应当包括了PMS模块,专门对电力系统中的台账进行管理,同时配合巡视管理功能,专门为巡视管理系统提供基础数据与现场巡视记录数据,通过巡视管理系统实现对变配电站的科学评估与巡视工作记录。其次就是SCADA(数据采集与监视控制系统),它负责对变电站的电力系统运行维护情况进行评估,它会从系统中获取基础数据与评估要素,最终生成评估结果,调整构建评估体系。为了保证变电站运行设备维护技术在电力系统中被科学合理应用,还需要分别建立智能化变电站巡视管理设计方案与评估管理设计方案。

2.3.2 巡视管理设计方案

首先由变电站运行设备维护技术系统在电力系统设备中提取记录工作记录,主要通过巡视人员在现场通过手持设备记录数据,然后反馈到中心站后台系统中,具体工作流程如图2所示。

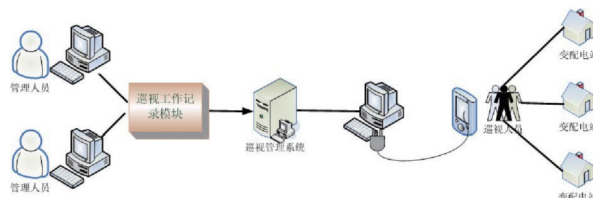


图2 智能化变电站运行设备维护技术系统的巡视工作流程

智能化变电站运行设备维护技术系统中的巡视系统主要通过巡视卡片实现移动记录,同步变电站设备运行与维护技术应用节奏,通过巡视人员手中的手持设备记录巡视卡片内容,再与后台计算机相连接完成数据同步传输过程。

除此之外，智能化变电站运行设备维护技术系统中还包含了辅助决策功能，它可对巡视结果实施统计分析，分析其中缺陷与故障问题。而外部接口则直接与智能化变电站的评估体系相关联，它会对变电站电力系统中的各个基本属性内容进行分析，例如设备的电网地位、电压等级、投运年限、自动化程度、负荷水平、运行方式、健康状况等。这些设备功能属性也会与PMS系统及SCADA系统相互关联，主要利用它们获取关键数据信息，并实施数据共享，如图3所示^[3]。

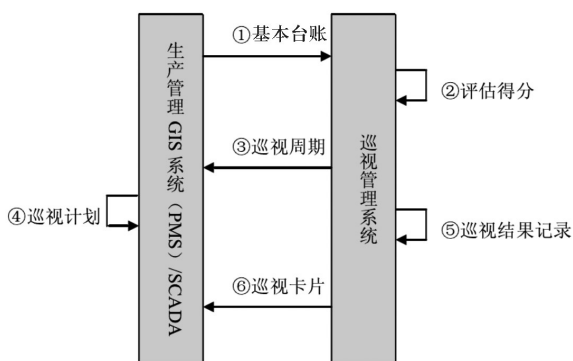


图3 智能化变电站运行设备维护技术系统的信息交互体系示意图

3 评估管理设计方案

智能化变电站运行设备维护技术系统中的评估管理设计方案首先会获取基础数据内容，它从PMS系统或SCADA系统中采集最新的变电站运行设备台账内容，为随后的评估评分提供基础数据。

首先要录入评估要素，为设备的智能化运行进行评估打分。在操作过程中，要保证各种评估要素数据录入的准确性，同时智能化系统本身也提供评估数据要素录入与修改功能，系统可随时动态改变评分，客观反映运行设备的实际状况。例如变电站的电网保护环节的主要评估要素就包括了中继站、终端站的运行状况，以及电压等级评价等。

其次生成评估结果，系统中的评估功能模块主要根据用户所输入的评估要素与预设评估标准相对比，针对每一个变电站中的功能模块进行分析，判断并给出评分区间，保证做到对每个变电站巡视周期与巡视重点的客观评价，并获取设备运行评估结果。评估结果随时应用可随时导出。

最后对评估体系进行调整，该系统功能模块支持对评估体系的优化调整，因为其中包含了对评估要素的增加、删除与修改，它可保证每一个评估要素的权重调整与加权方式运用合理化。在系统评估得分方面，主要对不同得分区间所对应的巡视周期内容进行科学合理定义，确保对系统运行设备评估维护到位^[4]。

4 结束语

当前变电站运行设备维护技术应用内容丰富，建立智能化运维技术与管理系统非常必要，它能够合理有效地针对电力系统中各项设备应用进行智能化评估，挖掘设备潜能，科学指导智能化变电站的整体建设，多方面考量设备的实际需要，确保设备始终在安全状态下生产运行。本文所谈到的变电站运行设备维护技术系统就为电力系统设备提供了寻思管理系统与评估管理系统，从巡视发现问题到维修评估问题，全程保证变电站运维管理平台与系统优化调整，为变电站安全运行打下基础。

参考文献

- [1] 王铎. 秦皇岛地区变电站设备智能巡检管理系统应用研究[D]. 北京: 华北电力大学, 华北电力大学(保定), 2012.
- [2] 苏艳鹏, 郑景涛. 电网变电运行设备自动化技术及维护探析[J]. 商品与质量, 2019(2): 70.
- [3] 万诚, 余志超. 智能变电站运行维护技术研究[J]. 环球市场, 2019(2): 142.
- [4] 叶剑, 杨向明. 智能变电站继电保护设备的运行和维护要点分析[J]. 建筑工程技术与设计, 2018(36): 2491.

(责任编辑: 刘艳玲)

资讯

首部海上风电场国家标准将实施

日前，由中国能建规划设计集团广东院主编的《海上风力发电场设计标准》正式出版发行，并将于2019年10月1日起实施。作为我国首部海上风力发电场国家标准，该标准达到了国际先进水平，并填补了我国海上风力发电场设计标准的空白。专家表示，该标准的发布对指导我国海上风电场设计工作，保障海上风电安全运行，具有重要意义。

来源: 中国电力新闻网

基于差动保护的换流站变压器励磁涌流波形分析及研究

熊超, 胡忠山

(中国南方电网有限责任公司超高压输电公司广州局, 广东 广州 510663)

摘要: 随着换流站工作强度的加重, 研究变压器系统差动保护功能成为重中之重。励磁涌流现象是影响变压器差动保护的重要因素, 所以就基于差动保护的换流站变压器励磁涌流波形进行分析及研究。以三相变压器为例, 进行励磁涌流建模仿真, 得出励磁涌流受铁芯剩磁和合闸相角两方面影响, 且励磁涌流波形非连续, 存在间断角特征。基于以上情况, 在励磁涌流波形间断角方法不可靠的情况下, 引入盒维数值对差动电流进行采样, 通过盒维数值对比分析, 判定采样数据是否为励磁涌流波形, 实现对变压器励磁涌流波形的分析。

关键词: 差动保护; 励磁涌流; 间断角; 盒维数值

中图分类号: TM41

目前, 广泛使用的换流站变压器设备都是基于电磁感应原理制成的, 由于电磁感应原理的特殊性, 变压器线圈形成回路时产生瞬时电压, 会瞬间激励变压器的两侧线圈绕组, 进而引发整个铁芯中的磁场产生剧烈变化^[1]。磁场变化前后都要服从电磁守恒原理, 当变压器存在大量剩磁时, 若是电磁回路中产生单极性的偏感应磁场, 并且极性与剩磁极性相同时, 将会加剧励磁电流饱和状况, 影响变压器线圈绕组中阻抗, 最终形成强大励磁涌流, 影响变压器工作效率, 对变压器设备造成冲击和能量损耗^[2]。

在变压器系统中, 为了解决差动回路中的电流不平衡现象, 提高变压器系统的稳定性, 建立差动保护装置对电流互感器中的电流波形进行采样滤波, 同时获得差动保护设备两侧的电, 通过比较线路两侧的电幅值, 构成电流幅值差动保护, 为了阻止励磁涌流引起的差动保护误动作, 对变压器励磁涌流波形进行分析^[3]。所以本文基于差动保护的机理, 通过变压器差动保护励磁涌流建模仿真和应用励磁涌流识别技术, 对换流站变压器励磁涌流波形进行分析及研究。

1 变压器励磁涌流波形分析

1.1 基于差动保护的变压器励磁涌流建模仿真

励磁涌流是影响变压器保护误动的重要因素, 已知产生和影响励磁涌流的因素有很多, 例如铁芯

材料特性、空载合闸角、变压器铁芯的剩磁等。励磁涌流形成过程如图1所示、励磁涌流波形图如图2所示。

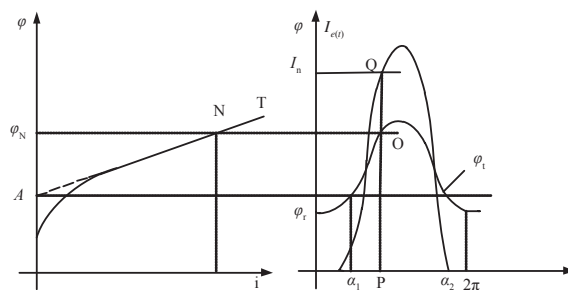


图1 励磁涌流形成图

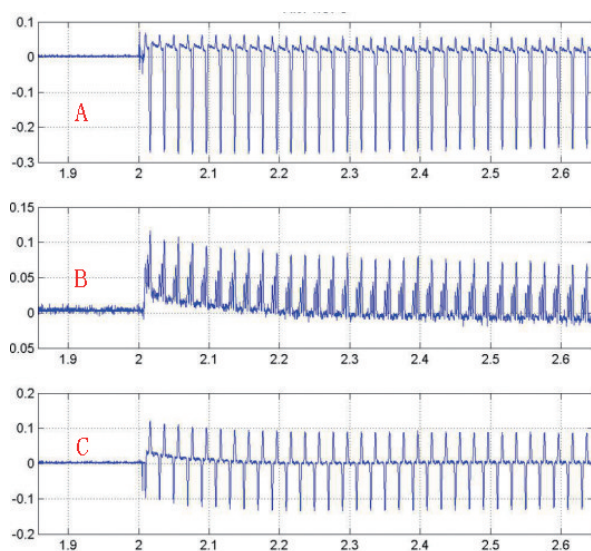


图2 现场实际励磁涌流波形图

一般情况下, 变压器运行电压会形成地域额定电压, 由此可知磁通量 φ 也不会达到饱和状态, 当变压器稳态运行时, 变压器铁芯不饱和, 而空载合闸时变压器铁芯达到饱和。图1中左侧展示的是变压器磁化过程, 随着铁芯磁通增加, 当到达A点饱和磁通点后, 励磁涌流产生。当铁芯磁通超过饱和磁通值 φ_A 后, 进行合闸操作后磁通量继续增加, 相应的励磁电流将急剧增大维持磁通量平衡, 从而产生励磁涌流。设变压前端电压为

$U = U_m \sin(\omega t + \alpha)$, 由 $U = dU/dt$ 可得:

$$\varphi(t) = -\varphi_m \cos(\omega t + \alpha_1) + \varphi_m \cos \alpha_2 + \varphi_n \quad (1)$$

随着合闸相角不断增加, 励磁电流不断增加, 当合闸相角 $\alpha = 90^\circ$ 时, 才不会出现涌流。所以励磁涌流现象受变压器铁芯剩磁量和合闸角影响。

基于 Simulink 平台, 根据变压器励磁涌流特点, 进行建模仿真。假设电流输送至换流站然后经三相变压器进行输送。设变压器为副边绕组开路, 在0.001 s时刻变压器空载投入运行, 此时在原边绕组产生较大的励磁涌流。设置变压器参数如表1所示。

表1 变压器参数设置

变量名	变量值
额定电压/kV	500/220/35
额定容量/MVA	250/250/80
额定频率/Hz	50
空载损耗/kW	65.5
负载损耗/kW	高一低 125
	高-中 330
	中-低 120
空载电流/%	0.035
短路阻抗/%	高一低 50
	高-中 15
	中-低 35

设置模拟仿真时间为0.3 s, 采用ODE21t仿真算法, 得出三相励磁涌流波形如图3所示。

由仿真结果可以看出, 变压器三相励磁涌流幅值并非完全相同, 在同等条件下, 三相励磁涌流波形都是位于时间轴一侧, B相励磁涌流幅值最小, A相励磁涌流幅值最大, 且均呈现逐渐衰减的趋势, 且励磁涌流波形是非连续的, 存在间断角。

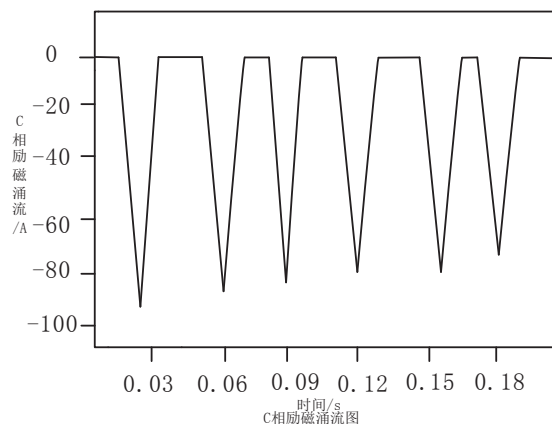
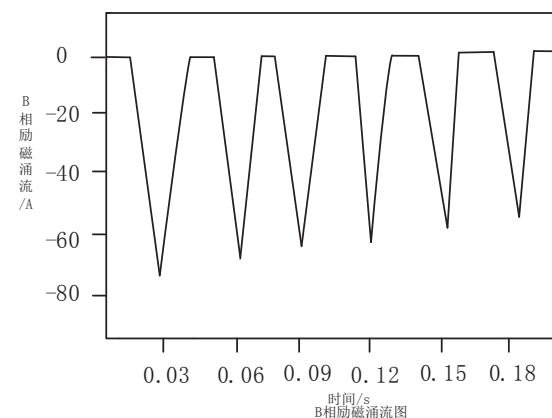
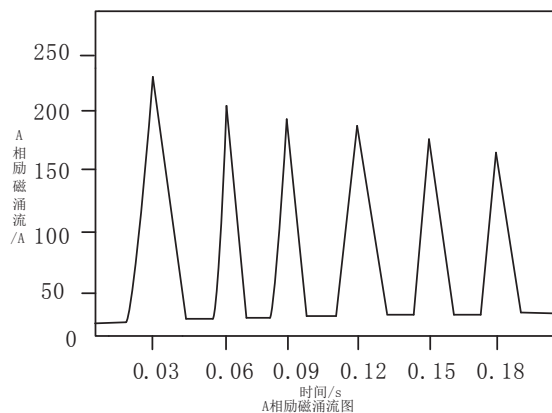


图3 三相励磁涌流波形图

使用FFT分析工具对三相励磁涌流进行谐波分析, FFT分析结果如下: 每一相的励磁涌流谐波中存在基波分量和以二次谐波分量为主的高次谐波分量。励磁涌流波形存在尖顶波特性和幅值随谐波次数增高而减小。

受变压器铁芯磁通饱和程度和合闸角度影响, 变压器励磁涌流波形不同于内部故障电流波形, 不呈现正弦波形。因此, 可以基于以上特性来分析变

压器的励磁涌流。

1.2 特性识别分析

根据对变压器励磁涌流进行仿真建模分析可看出,励磁涌流波形与变压器内部故障电流波形不同。变压器出现励磁涌流现象时,获取到的波形中会存在明显的间断角,而普通的故障电流波形没有这种特点,所以基于此特征进行识别快速、简单。设 B_j 为三相电流1个周期波的宽度, B_k 为电流中出现的间断角大小,判断依据为:

$$\begin{cases} B_j > 140^\circ, B_k < 65^\circ (\text{内部故障电流}) \\ B_j < 140^\circ, B_k > 65^\circ (\text{励磁涌流}) \end{cases}$$

但是使用间断角特征识别方法存在多个影响因素:目前大多数差动保护系统中采用微机保护措施,在此条件下,由于间断角处电流较小甚至为零值,对微机采样灵敏度要求较高。另外,微机处理中A/D转换模块会有计算误差,间断角处的电流幅度更低,计算的误差更大,所以应用间断角特征识别需求高分辨率的A/D转换芯片^[4]。当电流互感器采集处于饱和状态下,间断角处会产生反方向电流,随着电流的增大,励磁涌流间断角会变得越来越不明显,以间断角特征方法识别难度较大。

由于对间断角恢复的技术还处于开发阶段,所以存在间断角方法不能识别励磁涌流和故障电流的情况,难以形成闭锁差动保护。在此情况下,选择基于差动电流的方法进行波形采样值识别分析。

1.3 采样值处理方法

差动保护中,常规方法就是测得电流波中差动量和制动量,进而判断变压系统状态,做出相应保护措施。原始方法是求取反应电流的有效平均值。而在微机处理的情况下,对电流波模拟量进行离散采样值处理,进而来判别故障电流与励磁电流^[5]。

通过对基于差动保护的变压器励磁涌流进行仿真模拟,可以得出励磁涌流与故障电流的区别:励磁涌流在发生以后,波形在不断衰减,而故障电流波形趋近于标准正弦波,几乎不存在任何衰减。可以就此形态区别进行采样值分析,通过相应的盒维数值反应出来,形成判别励磁涌流的依据^[6]。

基于差动电流采样值进行波形处理的方法。第一,采集建模仿真形成的离散数字信号:设定采样频率 f 为3000 Hz,即在相应的差动处理周期内设置

30个数据采样点,采样点的时间间隔设为0.08 ms,将仿真数据送至MATLAB软件中进行处理;第二,计算盒维数 R ,提取故障发生后下一个周期内的差动电流信号 A ,包含该点,总共有31个采样点;第三,用 $M_\varphi(A)$ 表示覆盖采样信号 A 所需大小为 φ 的取值范围, φ 的大小为采样点间隔大小,计算公式为

$$\begin{cases} \varphi = 1/f \\ M_\varphi(A) = \frac{1}{\varphi} \sum_{i=1}^{30} |A_i - A_{i+1}| \end{cases} \quad (2)$$

式中: A_i, A_{i+1} 均是采样点数值,将 φ 的大小增加一倍, $M_{2\varphi}(A)$ 的计算公式为

$$\frac{1}{2\varphi} \sum_{i=1}^{15} (\max(A_{2i-1}, A_{2i}, A_{2i+1}) - \min(A_{2i-1}, A_{2i}, A_{2i+1})) \quad (3)$$

盒维数值 R 的计算公式为

$$R = \frac{\lg(M_\varphi(A)) - \lg(M_{2\varphi}(A))}{\lg \varphi^{-1} - \lg(2\varphi)^{-1}} \quad (4)$$

盒维数值 R 可作为鉴别励磁涌流与区内故障电流的一个重要特征。取不同采样信号的盒维数值 R 与整定值 R_D 进行比较,判定采样信号是励磁涌流还是区内故障电流。励磁涌流识别判别式为: $R \leq R_D$ 。对于三相变压器差动电流而言,只有三相电流采样的盒维数值全部满足判别式,才可以判定采样的电流信号为励磁涌流,进而做出差动保护。

以上文中建模仿真数据为例,仿真模型中盒维数为1.4,通过分别改变空载合闸相角参数和铁芯剩磁量,得到不同情况下的励磁涌流波形,计算相应的三相电流盒维数值 R_a, R_b, R_c ,并比较数据。结果如表2、表3所示。

表2 不同空载合闸相角下励磁涌流盒维数值表

空载合闸角度/(°)	R_a	R_b	R_c
0	1.356	1.311	1.352
30	1.362	1.342	1.374
60	1.311	1.351	1.356
90	1.365	1.369	1.374
120	1.353	1.352	1.312
150	1.312	1.378	1.342
180	1.352	1.302	1.352

表3 不同铁芯剩磁条件下励磁涌流盒维数值表

铁芯剩磁/T	R_a	R_b	R_c
0.3	1.326	1.323	1.342
0.6	1.312	1.341	1.364
0.9	1.321	1.321	1.346
1.2	1.345	1.364	1.334

通过数据对比,不同条件下,三相变压器励磁涌流波形数据均符合 $R \leq R_b$ 结论。由于盒维数值算法简单,计算量小,电流波信号采样方法、处理手段已经成熟,所以通过盒维数方法对励磁涌流波形进行识别处理具有可操作性。

2 实验论证

为了验证本文提出的建模结合采样值方法分析励磁涌流波形的有效性,进行实验论证。通过人工改变A换流站变压器工作间电流数据,采用本文设计的方法与传统方法进行5组实验对比,比较2种方法对励磁涌流波形分析处理速度,实验结果如图4所示。

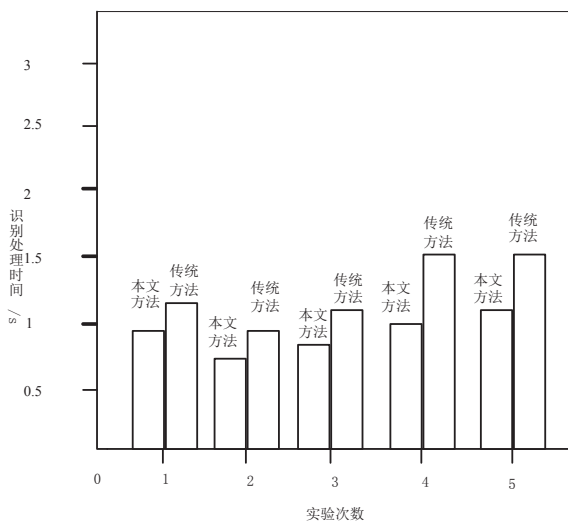


图4 实验结果图

从实验结果图可以看出,使用建模结合采样值的方法进行励磁涌流波形分析处理速度比传统方法更快,进而形成差动保护的效率更高。

3 结束语

本文基于变压器差动保护系统中电流互感器装置对电流波形进行采样滤波,对变压器励磁涌流波

形进行建模仿真,分析影响励磁涌流产生的因素和励磁涌流的波形特征,并基于此研究励磁涌流波形识别方法。希望本文的研究能够为换流站变压器差动保护方法提供新思路。

参考文献

- [1] 翁汉刚,刘华,林湘宁,等.基于Hausdorff距离算法的变压器差动保护新判据[J].中国电机工程学报,2018,38(2):48-52.
- [2] 李晓华,吴嘉琪,丁晓兵,等.采用波形识别的直流50 Hz保护优化改进策略[J].电力系统自动化,2017,41(24):159-163.
- [3] 佚名.交直流混联系统单极接地故障对变压器直流偏磁及电流差动保护的影响分析[J].电力建设,2018,39(9):47-54.
- [4] 黄景光,罗亭然,林湘宁,等.励磁涌流波形密度系数鉴别算法[J].电力系统及其自动化学报,2017,29(7):34-40.
- [5] 胡松,江亚群,黄纯.基于偏度系数的变压器励磁涌流识别方法[J].电网技术,2018,42(6):56-60.
- [6] 郑彬,滕文涛,项祖涛,等.基于变压器电流直流分量衰减特性的励磁涌流识别方法[J].电网技术,2017,41(6):2020-2026.

作者简介

熊超(1982—),男,汉族,陕西安康,大学本科,工程师,研究方向:继电保护。

胡忠山(1987—),男,汉族,四川达州,研究生,高级工程师,研究方向:继电保护。

(责任编辑:刘艳玲)

资讯

中国能建葛洲坝集团签订拉美市场2项目合同

8月12日,中国能建葛洲坝集团与多米尼加输电公司签署多米尼加圣胡安至多拉达海岸138 kV输电线路项目合同,与厄瓜多尔交通和公共工程部签署了卡拉克斯港路桥项目二期合同。多米尼加圣胡安至多拉达海岸138 kV输电线路项目,位于多米尼加圣胡安河至多拉达海岸,线路总长约为71 km,为多米尼加2017—2022电力发展计划的组成部分,旨在提高电力输出效率,改善当地用电情况。

据悉,葛洲坝集团于2016年签署了厄瓜多尔灾后卡拉克斯港路桥项目,包含长6.8 km、宽9.6 m的道路修复项目和长约54 m的金属桥梁项目。目前项目履约良好,已进入尾工阶段。此次签订二期合同项目将在原项目基础上实施扩建。

来源:国资委网站

高压穿墙套管放电的原因及处理

王新宪¹, 汪明², 陈锦涛³, 蔡昶³, 潘海涛³, 韩强³, 黄建国³

(1. 中国石油工程建设有限公司华北分公司, 河北任丘 062552;
2. 中国石油管道局五公司, 河北任丘 062552; 3. 华北油田电力分公司, 河北任丘 062552)

摘要: 某变电站CWWL-35穿墙套管内的铝排更换为截面相等的铜排后, 发生放电声。通过分析、计算, 找到了原因并制定了相应解决办法。

关键词: 穿墙套管; 介质; 电场强度; 放电; 等电位

中图分类号: TN87

某变电站有6回35 kV出线, 因为线路负荷增大, 设计将18只CWWL-35穿墙套管内的铝排更换为截面相等的铜排, 送电运行后套管经常发出“滋滋”的噪声, 对安全运行极为不利。

穿墙套管由瓷件、两端金属附件、安装法兰和导电排等组成。本次套管改造保留原穿墙套管的瓷件、两端金属附件、安装法兰, 只把铝排更换为铜排。因为两端金属附件是铝质制作的, 为了避免铜母线和铝制附件接触处发生腐蚀, 在铜排与附件相接触处套上热缩套管进行隔离。

改造完的套管有2点与原件不同: 一是铝排变为铜排, 二是在部分铜排上加了热缩套。现就高压穿墙套管引起放电的原因进行阐述。

分析可知, 导电排与法兰盘可看作电场的两个电极。导电排与套管内壁有空气间隙, 可视为由空气和瓷件2种介质组合成的绝缘体。由于导电排处于轴芯位置, 法兰盘围圈四周, 是强法线分量的电场。导电排上各点与法兰盘的距离远近不同, 各处的电场强度大小和方向都不相同, 是不均匀的电场。

为了计算方便, 任选套管一小段, 设定2种介质内为一均匀电场。假设空气层和瓷绝缘体的面积相等, 空气间隙厚度为 d_1 、相对介电常数为 ϵ_1 、所承受的电场强度为 E_1 、电压为 U_1 , 瓷介质厚度为 d_2 、相对介电常数为 ϵ_2 、所承受的电场强度为 E_2 , 电压为 U_2 , 相电压 $U = U_1 + U_2$ 。

导电排与套管内壁一般有0.1~0.3 cm的空气间隙, 取 $d_1 = 0.2$ cm, $d_2 = 3$ cm, 空气的介电系数小于瓷套管介电系数, 取 $\epsilon_1 = 1$, $\epsilon_2 = 6$, $U = 20.2$ kV (35 kV系统相电压), $E_1 = 28.9$ kV/cm, $E_2 = 4.81$ kV/cm。故分布在空隙处的电场大于套管的电场, 工频电压下空气的平均击穿场强为3.8 kV/cm, 而实际计算出来的场强

为28.9 kV/cm, 远大于空气击穿场强, 故空气介质中出现击穿放电现象。

通过向原套管厂家咨询得知, 套管内虽然有空气间隙的存在, 但原附件与铝排接触良好, 且在套管根部喷涂了一层铝膜, 这样做到了导电排与套管内壁等电位, 使瓷套内腔的空气不承受电压, 铝排与套管内壁就不会发生放电现象。改造完的套管, 在铜排与两端附件相接触处套了热缩套, 不能使铜排与套管内壁等电位, 所以发生了放电问题。

原因找到了, 借鉴原消除放电方法, 用等电位线连接铜排与瓷套管内壁, 短接空气隙, 使电场的分布全部集中在瓷套管上, 就会避免放电的形成。

具体实施中, 考虑到等电位线若通过螺丝接到铜排上, 运行中会产生振动, 振动会造成固定螺丝松动、脱落, 所以不设固定螺丝, 直接绕到导电排上, 为使等电位线与套管内壁接触紧密, 将等电位线用约直径1 mm钢丝制成并设计成渐开线型。这种设计既保证了等电位线与铜排、穿墙套管内壁两端的紧密接触, 又保证了运行中不松动脱落。渐开线形等电位线如图1所示。

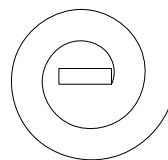


图1 渐开线形等电位线

加装完渐开线等电位线的套管运行半年了, 未发生“滋滋”放电声, 实践证明该方法行之有效。

作者简介

王新宪(1967.6—), 男, 高级工程师, 从事电气设计工作, 邮箱: 782951547@qq.com。

(责任编辑: 刘艳玲)

基于雷击特性的 35 kV 输电线路 防雷保护研究

陈丁¹, 曹伟国²

(1. 慈溪市输变电工程有限公司, 浙江 慈溪 315300;
2. 国网浙江慈溪市供电有限公司, 浙江 慈溪 315300)

摘要: 传统的防雷保护方法过于陈旧, 无法满足发展的需要, 提出基于雷击特性的 35 kV 输电线路防雷保护研究。根据雷击特性选取 35 kV 输电线路参数, 设置 35 kV 输电线路防雷性能指标, 采用“三点一地”接地方式, 改善绝缘子串电压分布不均的问题, 由此, 实现 35 kV 输电线路防雷保护方法的设计。

关键词: 雷击特性; 输电线路; 防雷保护; 雷电流幅值

中图分类号: TM862

雷电是一种复杂的雷云自然放电现象, 其放电过程较为复杂。

常规的防雷方法有架设避雷线和装设自动重合闸装置等方式, 架设避雷线是高压输电线路最基本的防雷保护措施, 其主要作用是防止雷电直击导线, 可以对雷电流起到分流作用, 减小流过杆塔的雷电流, 使塔顶电位下降。装设自动重合闸装置可以消除大多数雷击造成的闪络事故, 具有较好的效果。但是无法消除线路掉线造成的事故。本文针对此问题, 提出 35 kV 输电线路防雷保护方法采用一种新式的防雷保护方式, 这种方式已经在发达国家得到广泛的使用, 并且取得了丰富的运行经验。

1 基于雷击特性的 35 kV 输电线路防雷保护方法设计

1.1 雷击特性 35 kV 输电线路参数选取

通常在实验中会采用 2 种模拟方法模拟沿输电线路杆塔波的过程, 第一种是把杆塔作为电阻的集中参数模型, 另一种是把杆塔作为分布参数来处理, 这 2 种方法都有其特定的波阻抗。35 kV 输电线路的基本参数采用表 1 给定的电站型数据, 如表 1 所示。

参考表 1 的基本参数, 分析避雷器的数目对输电线路耐雷水平的影响, 计算时采用分段线性化来模拟 35 kV 输电线路的伏安特性^[1]。35 kV 输电线路通道的波阻抗为 200 Ω, 其雷电流幅值的概率采用拟合公式得出:

$$\lg P = -\frac{I}{88}, \quad (1)$$

式中: I 表示雷电流幅值, P 表示超过 I 的概率, 应

用公式 (1) 计算 35 kV 输电线路每百公里的落雷次数为

$$N = 40yh. \quad (2)$$

式中: N 表示落雷次数, y 表示雷电密度, h 表示最上层导线高度^[2]。在计算的过程中要反复调整雷电流幅值, 计算不同情况下能引起绝缘子闪络的雷电流大小, 得到 35 kV 输电线路的耐雷水平值。

表 1 电站型 35 kV 输电线路的基本参数

避雷器的型号	系统标称电压/kV	直流 1 MA 参考电压不小于/kV	2 kA 最大雷电冲击电压/kV	5 kA 最大雷电冲击电压/kV
HY5WX-35/134	35	70	115	135
方波通流能量/A	冲击波通流量/kA	8/20 μs 冲击电流下最大残压/kV		
400	65	10 kA 时	20 kA 时	
		265	266	

1.2 35 kV 输电线路防雷性能指标

在设计的过程中要满足以下 2 种要求: 第一, 在保护间隙距离的设计上, 应当在雷电线路闪络时扑捉电弧的根部, 并引导故障电流入地, 以此保护绝缘子和线路零部件不受损坏。当雷击在闪络时, 放电应当起始于间隙的一个电极, 尽量保证电弧不接触绝缘子表面。在实验中发现, 装有间隙的绝缘子串放电有通路的情况, 所以在贯穿上下电极间时, 不要接触绝缘子串。第二, 从运行的经验上来看, 闪络使绝缘子损坏是由于电弧的根部温度过高所导致的, 一般损坏的绝缘子都是在端部, 而电弧的弧

旗部分是由于弧道变粗、温度降低所造成的。表2为各型并联间隙在操作冲击下的保护情况。

表2 各型并联间隙在操作冲击下的保护情况

并联间隙	能否实现保护
35 kV 复合绝缘子 3990 mm 棒性间隙	能
35 kV 复合绝缘子 3980 mm 棒性间隙	能
35 kV 复合绝缘子 3970 mm 棒性间隙	欠佳
35 kV 复合绝缘子 3960 mm 棒性间隙	能
35 kV 复合绝缘子 3950 mm 棒性间隙	能
35 kV 复合绝缘子 3940 mm 棒性间隙	欠佳

按照表2确定35 kV输电线路绝缘水平的选择标准,根据设计的标准,将并联间隙作为系统的一部分,考虑到输电线路可能出现的最大操作过电压。依据线路的运行电压,分析在线路所遭受的最严苛情况下可能出现的最大幅值。

在装上间隙过后沿洛是不可避免的,但是只要电弧两端的弧跟不在绝缘子串上,安装间隙的目的也就达到了。在设计的过程中,要按照保护间隙型式的设计原则,使得绝缘子串上的电压分布均匀。

1.3 实现35 kV输电线路防雷保护

当低压测线路落雷时,由于没有避雷器的保护,雷电波沿线会直接侵入低压绕组,因此,需要将保护变压器安装在避雷器的高压侧,并且与低压侧中性线变压器金属外壳连接在一起。由于配电变压器变比比例在高压线圈上产生了一个很高的过电压,使高压线圈绝缘损坏,引起高压侧中心点过电压的现象。为了防止这种现象的发生,当发生雷击故障时,应根据雷击特性,重新设置接地方式,如图1所示。

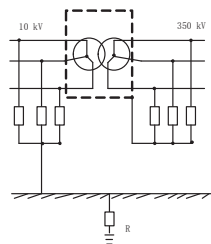


图1 35 kV输电线路防雷保护接地方式

根据交通电器装置的过电压保护规定,保护配电变压器的避雷器与其他变压器保护接地能够共用一个接地装置。该接地方式采用的是“三点一地”的接地方式,如图2所示。

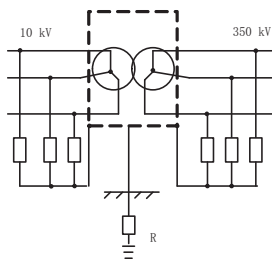


图2 “三点一地”的接地方式

之所以采用“三点一地”的连接方式,是考虑到雷电波侵袭时,避雷器动作,若避雷器独立接地,那么雷电流就会通过接地电阻的压降可能比避雷器上的残压还大,为此采用“三点一地”的接地方式,减轻其危害性。首先将避雷器接地线连接在变压器的外壳上,这样变压器绝缘就只用承受残压的作用,只是增加外壳的电位,其值等于通过避雷器雷电流在接地装上的压降,有效反击低压电阻。但是在连接的过程中,需要连接低压侧和外壳,避免出现逆闪络。这种共同接地的缺点在于避雷器动作时会产生较高的地电位,可能会危害低压用户的安全,因此,在设计防雷保护方法时,需要加强低压用户的防雷措施。

2 结束语

该方法采用35 kV输电线路防雷保护接地方式,有效解决由于地理原因和气候因素导致的事故。输电线路故障是由于雷击跳闸引起的,因此在输电线路防雷工作中,需要电力科技工作者不断地研究。尤其是山区和高原的输电线路,工作者要针对一些特殊的地理环境制定有效的防雷保护方法。

参考文献

- [1] 郭昆丽, 宋晓菲, 王建波, 等. 基于PSCAD的某输电线路耐雷水平的仿真研究[J]. 计算机与数字工程, 2017, 45(3): 553-557.
- [2] 徐伟, 路永玲, 唐梦颖, 等. 江苏电网近年雷电活动及输电线路雷击跳闸分析[J]. 电力工程技术, 2017, 26(6): 106-110.

作者简介

陈丁(1973—),男,汉族,浙江慈溪人,大学本科,工程师,主要研究方向:电力自动化及电力工程施工管理等。

曹伟国(1967—),男,汉族,浙江慈溪人,大学本科,工程师,主要研究方向:电力自动化及电力工程施工管理等。

(责任编辑:刘艳玲)

用于输电线路检修的智能接地线夹 终端管控系统

翟常冬¹, 马立修^{1,2}, 荣国阳¹, 魏鹏³, 张学强⁴

- (1. 山东理工大学 电气与工程学院, 山东 淄博 255049;
2. 山东理工大学 创新创业学院, 山东 淄博 255049;
3. 山东理工大学 机械工程学院, 山东 淄博 255049;
4. 山重建机有限公司研究院, 山东 临沂 276025)

摘要: 对输电线路检修工作现场临时接地线使用情况进行了研究, 指出传统接地线夹存在安全系数低, 监管困难等问题, 存在误挂、接触不良、遗失等现象, 甚至造成工作人员伤亡及电力设备重大安全事故。研究设计护罩保护结构, 避免夹体误动和在极端恶劣天气下正常使用; 发明指纹识别的护罩锁定方法, 确保了“专人专用”; GPS+GPRS 确保准确定位、信息采集及信号发送。云平台可与接地终端交互, 实现获取接地状态、定位终端位置、查看终端报警等功能。产品经过济南输变电试验场专业测试, 符合电力输电线路的要求, 并能准确反馈接地线挂拆时间、挂拆位置以及报警状态。

关键词: 接地线线夹; GPS 定位; 在线监管; 护罩保护; 指纹解锁

中图分类号: TP271+4

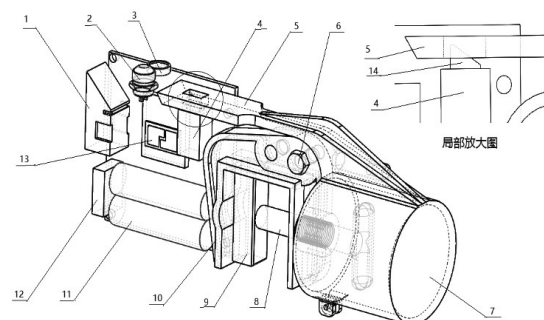
电力输电线路检修是保证电网安全的重要手段, 其主要目的在于掌握输电线路的工作状况, 及时发现缺陷, 消除缺陷, 以保证安全^[1]。在工作人员对某一段输电线路开展线路检修且需要将该段输电线路进行断电(带电作业无法完成), 为进一步保证工作人员的人身安全, 需要在检修线路的两端分别挂接多条临时接地线^[2]。在临时接地线的两端分别设置接线夹和接地夹, 接线夹挂接在输电线路的预定位置, 杆塔上临时接地线将导线与塔材直接短接即可, 不必引至地面(本身杆塔是接地的, 地电位), 一旦检修线路被意外送电, 输电线路中的高压电通过临时接地线被引入大地, 避免工作人员触电^[3]。

如果在检修过程中临时接地线因拆除而失效, 一旦输电线路意外送电, 会造成严重的安全事故, 因此临时接地线与工作人员的人身安全紧密关联, 所以按照行业操作规定, 接地线夹应当专人专用同时要求“谁挂谁拆”。然而在实际使用时, 由于各种原因接地线被恶意或无意拆除情况时有发生, 因此接地线临时接地线在使用时很难按照行业操作规定实施, 从而造成了较大的安全隐患^[4]。

本文克服现有技术的不足, 研制出智能终端接地线夹, 提供一种通过设置限位件, 实现对调节端的调节状态进行限定, 同时通过锁定单元对限位件

进行锁定, 有效避免工作过程中临时接地线被意外拆除, 使得行业操作规定得以落实; 确保监控人员实时掌握接地线的状态, 避免遗失, 加强在线监管, 大大降低工作时安全隐患。

1 机械结构设计



1 指纹模块 2 模式转换开关 3 电子锁 4 电磁锁 5 护桶臂 6 固定螺丝 7 护桶 8 螺纹杆 9 夹紧块 10 固定板 11 锂电池 12 供电模块 13 无线及GPS模块 14 电磁锁锁头

图1 三维机械结构示意图

如图1所示, 采用Solidworks进行机械结构设计。其中, 固定件不可移动, 螺纹杆通过螺纹连接于固定板上, 可旋进、旋退。加紧块的一侧有凹槽, 并嵌在固定板内侧的轨道内, 中间开孔连接螺纹杆, 螺纹杆带动加紧块前后移动。护罩可罩住螺纹杆, 保证安全。护罩与护罩臂连为一体, 护罩臂上有槽, 电磁锁锁头卡在槽里, 限制护罩臂移动。电子部件

控制电磁锁锁头上下运动，完成开锁、闭锁动作，实现功能。

2 电路设计思路

2.1 核心控制板电路

核心控制板由电源管理、CPU、IO处理模块、SCI接口电路、CAN总线模块组成。CPU采用 freescale 工业级芯片 MC9S08DZ60 单片机，外围端口丰富，能耗低；SCI连接指纹模块及GPRS模块，随时读取模块数据；CAN总线模块完成系统与外部显示模块的通信；控制板设电源控制电路，随时关闭或打开指纹模块及GPRS模块，达到节能降耗的目的^[5]。核心控制板电路如图2所示。

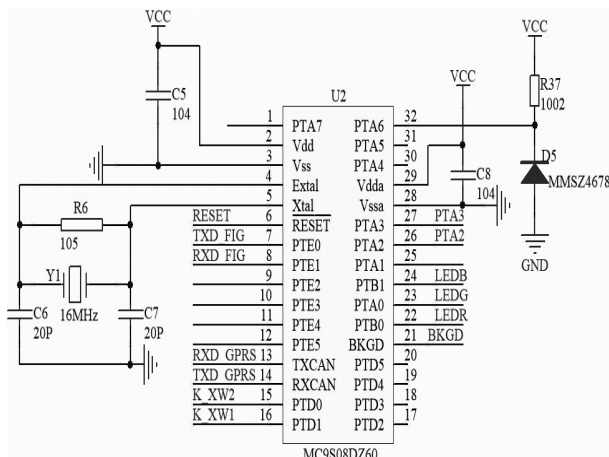


图2 核心控制板电路图

2.2 电源管理模块

可将USB-5 V电压变为锂电池所需的充电电压，也可将锂电池升压至12 V供电子锁启动。电源管理模块如图3所示。

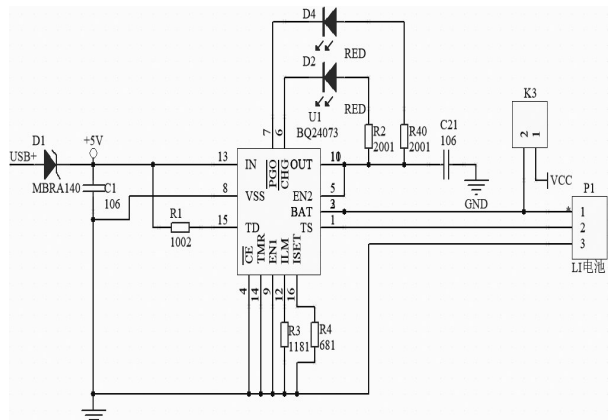
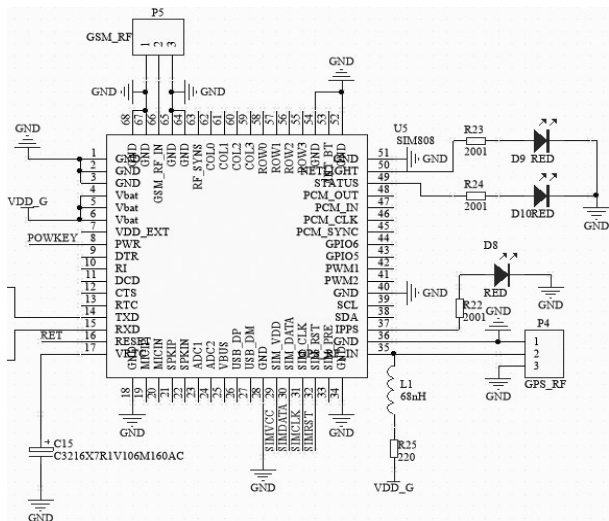


图3 电源管理模块

2.3 通信电路设计

采用GPRS和GPS一体化的通信模块SIM808。SIM808模块的工作频段为GSM 850/EGSM 900/DCS 1800/PCS 1900 MHz，反馈GPS信息，工作温度范围广且稳定，标准功耗低，下行传输速率和上行传输速率最大均可达到85.6 bit，兼具GPS功能和GPRS功能。准确定位小于2.5 m CEP，工作温度在-40 ~ +85 °C，因此可以适应天气复杂多变的自然环境且定位精度更高^[6-7]。通信电路如图4所示。



处理器初始化结束之后，系统就会检测各个子程序标志位的变化情况，并按一定逻辑顺序实现数据采集与上传^[9]。本系统主程序结构流程图如图6所示。

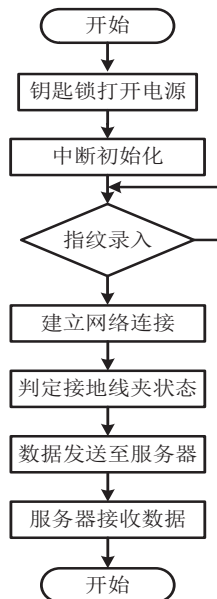


图6 主程序流程图

3.2 子程序设计

装置上电后，GPS模块实现终端位置的数据读取，精度<200 m；GPRS模块实现短信发送及UDP数据传输；同时，震动模块测量终端的运动状态，一旦超出运动阈值，终端将检测当前的经纬度与设定的经纬度的差距，超出设定范围，系统将迅速发出报警信息^[10]。定位子程及报警程序流程如图7所示。

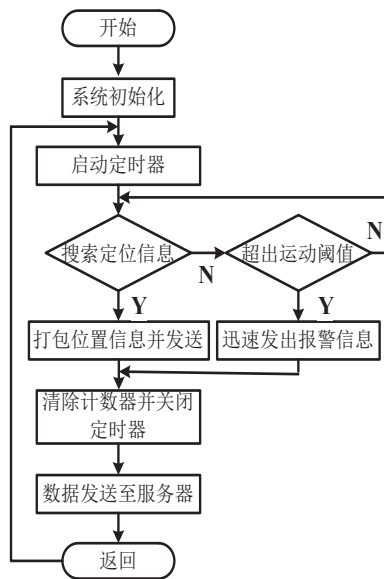


图7 定位信息发送&报警程序流程图

4 实验验证

采用Keil uVision4.0编程软件完成了单元软件的开发与调试，并利用硬件平台进行了软硬件的联合调试，完成了样机的制作^[9]。对编号为201901001的接地线夹进行状态监测^[11]。实验结果表明，智能接地终端管理云平台能够对终端实现远程监控、终端与供电塔绑定显示、供电塔名称及位置添加、历史数据存储、大数据分析等功能^[12]，实验结果符合预期效果，如图8所示。并在济南输变电试验场完成主要技术指标检测，基本符合GB13398-92要求，指标检测数据如表1所示。



(a)

序号	上报时间	电池电量	星数	GSM信号	海拔	GPS报警	GSM报警
1	2019-04-21 10:16:15	100	4	20	149	无	无
2	2019-04-20 16:05:17	100	8	20	43	无	无
3	2019-04-18 15:33:39	100	6	20	23	无	无
4	2019-04-18 14:57:33	100	5	20	149	无	无
5	2019-04-18 14:56:38	100	9	20	149	无	无
6	2019-04-18 14:20:42	100	7	20	38	无	无
7	2019-04-12 21:51:26	100	6	20	104	无	无

(b)

图8 接地终端管理云平台数据显示

5 结论

克服现有技术盲区，本文设计一种电磁锁锁定装置，开设与锁定腔连通的插接槽，设置与电磁锁的锁舌配合的锁孔，以实现对接线夹的锁定。有效地避免了工作过程中临时接地线被意外拆除，使得行业操作规定得以落实。另外针对传统接地线夹半裸露的结构，新增了护罩保护，使得本产品尽管在极

表1 试验场技术指标检测数据

技术指标	济南输变电试验场	带电作业用绝缘通用技术条件GB13398-92
端部金属接头长度/m	0.10	0.10
最短有效绝缘长度/m	0.58	0.60
试验电极间距离/m	1.80	1.80
工频闪络击穿电压/kV(rms)	520	510
1min工频耐受电压/kV(rms)	480	450
操作冲击耐受电压/kV(peak)	1175	900
允许荷载/kN	50	30
破坏荷载/kN	135	90

端恶劣天气下仍然可以正常使用。研制智能接地线管控系统,内置指纹锁实现设备使用管理唯一性,插入钥匙开启设备,指纹对比正确后,才能够取下安全护罩,实现“专人专用”的目的,避免工作人员乱拆乱挂,避免设备失踪;通过手机App软件实现接地线挂设位置及挂设状态的全程监控;通过计算机平台软件,实现接地线从出库、封挂、拆除到入库的全过程有序管理,有效利用了现有资源,使整套设备更具可控性、实施性、可用性。

参考文献

- [1] 张玻. 基于GPS的输电线路检修系统设计与开发[D]. 四川: 电子科技大学, 2014.
- [2] 颜才升, 范敏, 袁鑫, 等. 一种带自锁装置的超高压短路接地线线夹的改进[J]. 电工电气. 2018, (11): 68-69.
- [3] 郭海涛. 220 kV高压输电线路检修的危险点分析[J]. 黑龙江科学. 2015, (5): 78-79.
- [4] 吕健攀. 一种新型的750kV变电站自动挂接地线装置[J]. 电气技术. 2016, (1): 139-141.
- [5] 吴可汗, 何怡刚. 基于单片机的低功耗电能收集充电器设计[J]. 电工技术学报. 2013, (S2): 185-188.
- [6] 申莉, 毕伟, 舒开旗. 基于GPS与GPRS的远程同步检测仪设计[J]. 电测与仪表. 2016, (21): 124-128.
- [7] 马强. 智能工作接地线管理系统的设计与应用[D]. 山东: 山东大学, 2018.
- [8] 刘家军, 刘梦娜, 赵晓龙, 等. 基于WiFi技术的挂接地线信息收集装置研制[J]. 电网与清洁能源. 2015, (10): 16-20.
- [9] 刘家军, 王睿, 周少瑜. 基于4G网络通信的接触网检修接地线监测装置的研究[J]. 电网与清洁能源. 2018, (2): 17-22.
- [10] 王晓辉, 吴斌, 戴明, 等. 一种带电报警型接地线的研究与设计[J]. 电气技术. 2017, (8): 51-55.

- [11] 李辉, 刘盛权, 冉立, 等. 大功率并网风电机组变流器状态监测技术综述[J]. 电工技术学报. 2016, (8): 1-10.
- [12] 周国亮, 宋亚奇, 王桂兰, 等. 状态监测大数据存储及聚类划分研究[J]. 电工技术学报. 2013, (S2): 337-344.

(责任编辑:袁航)

资讯

寇伟会见巴西矿产能源部部长本托

8月14日,公司董事长寇伟在京会见了巴西矿产能源部部长本托·阿尔布凯克一行,表示将进一步加强沟通交流,推动中巴两国能源领域合作再上新台阶。公司副总经理刘泽洪,巴西矿能部副秘书长布鲁诺·卡瓦卢斯参加会见。

寇伟代表国家电网公司欢迎本托一行,他表示,当前,在全球碳减排和新能源快速发展的背景下,公司积极贯彻“四个革命、一个合作”能源安全新战略,推进能源生产和消费革命,提出“三型两网、世界一流”战略目标,推动电网向能源互联网转型升级,提高能源综合利用效率。同时,公司积极服务“一带一路”建设,成功投资运营境外骨干能源网。巴西与中国的能源资源的需求和分布非常相似,公司在巴西的项目坚持“长期化、本地化、市场化”经营,依靠当地管理团队,加大技术交流合作,积极履行社会责任,努力为当地社会创造经济、社会和环境价值。

本托感谢中国国家电网公司对巴西能源电力发展的支持,并介绍了巴西能源发展情况。他表示,国家电网公司在巴西投资建设能源基础设施,推动了巴西经济社会发展。当前,巴西亟需在能源领域进行基础设施改造。巴西一次能源资源远离负荷中心,国家电网公司在巴西参与建设的巴西美丽山特高压输电项目,能够将巴西北部的清洁能源送到东南部负荷中心,更好地服务巴西经济社会发展。下一步,巴西矿能部将积极推动新能源发展,希望与国家电网公司在技术、管理、投资建设等方面加强交流往来,达成更多合作成果。

本托一行参观了国家电力调度控制中心。公司副总工程师兼国际部主任朱光超,特高压部主要负责人,国网国际公司负责人,巴西矿能部相关负责人、巴方驻华使馆代表参加会见。

来源:国家电网公司

配电自动化技术 在农村配电网中的应用浅析

陈育钿

(广东电网潮州潮安供电局有限责任公司, 广东 潮安 515638)

相对于城市配电网来说, 农村配电网的发展速度比较慢, 但随着农网改造升级的持续进行, 配电自动化技术在农村电网得到了广泛应用, 降低了农村电网出现故障的概率, 提高了故障的检修速度, 为农村提供更加安全稳定的电力供应。

1 配电自动化的功能简述

配电自动化以现代的计算机作为控制手段, 结合通信技术, 对配电网的一次网架、电力供应的实时运行数据、相关配电设备的运行情况、电力用户的分布情况进行综合集成, 以此来对整个信息系统进行完善, 对配电网进行实施自动的控制, 进而保证所有用户都能够享受到持续稳定的电力供应。在电力供应的过程中, 信息系统还会对用户的用电情况和用电位置等相关数据进行实时监控和采集, 最终实现对整个配电网的精准控制^[1]。

配电自动化能够对整个地区的配电网进行实时监控, 若是有地区遇到了供电故障, 配电自动化系统还能够对该地区的电力网络实施精准的自动隔离, 并可进行故障自检, 若发现该地区配电网网络已经恢复良好或者是检测出供电故障是误报造成的, 则会自动恢复电力供应。除此之外, 配电自动化技术还能够实现对电能表数据的自动读取, 无须派遣专人进行查表。配电自动化技术能够实现管理自动化功能, 其特点是能够对实时性不强的设备、离线设备、停电信息、用户用电信息等进行精确管理, 这不仅可以提高工作效率, 还能够提升对用户的服务质量, 所以应用配电自动化技术, 对于提升电力供应稳定性有着非常重要的促进作用。

2 配电自动化技术在农村配电网中的应用情况

2.1 配电自动化系统及其应用

从农村配电网的实际情况上来看, 因其配电网

络的规模相对较小, 但覆盖范围比较大, 所以在应用过程中通常所采用的是主站层、子站层以及终端层的3级设计模式, 这样不仅能够方便后期对于整个配电网的维护工作, 还能方便在用户量上升后, 对整个配电网进行全面的扩充。农村配电自动化系统架构如图1所示。

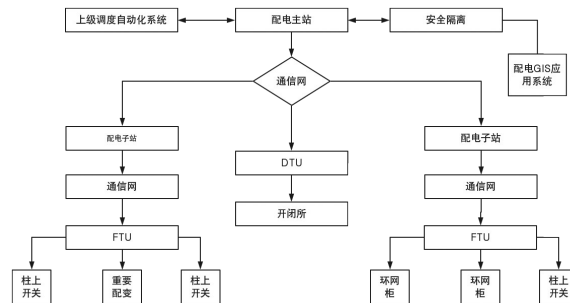


图1 农村配电自动化系统的综合架构

主站层是整个区域配电网的最高层, 不仅肩负着对整个区域配电网的监控与管理等工作, 还需要对配电网的运行状态进行实施分析, 实现各个子系统之间有效对接, 提升整个区域配电网管理的时效性, 确保配电网能够持续稳定的运行。

由于农村配电网所跨的区域通常都比较大, 不可能所有的配电自动化技术的监控设备都会直接连接到主站层之上, 必须在两者之间设置出一个中间级, 子站层便应运而生。子站层在整个配电自动化系统中, 不仅要肩负着主站层与子站层下辖监控终端之间的信息交流的中间节点作用, 还肩负对其辖区内部配电网的故障自动诊断及其修复的作用。另外, 有一些区域因为距离主站层比较远, 所以这些区域的子站层有时候还会肩负着对其下辖的配电网的各种信息的采集及监控功能。

终端层是整个配电自动化技术在农村配电网应用中最底层的架构, 其主要功能是对柱上开关、箱式变压器、配电站、环网开关等设施的监控及信息

采集的同时，对其实施相应的保护措施^[2]。

2.2 光纤IP通信网络技术的应用

传统的农村通信网络技术往往存在诸如终端信息与数据无法与主站层进行实时交互、通信宽度的带宽不足以支持配电自动化技术的运行等问题，这些因素都影响了配电自动化技术在农村配电网中的应用。为了解决这一问题，很多农村在实施配电自动化技术的同时，还会对其通信网络进行全面升级改造，将原来传统通信技术升级为光纤IP通信技术，这不仅能够有效地弥补配电自动化技术因宽带的原因而无法在农村开展的不足，还能够利用光纤IP技术，实现对整个配电自动化系统的优化，提升主站层与终端层的交互效率，降低交互时间，提升整个配电自动化系统的监督管理与信息交互能力。

2.3 广域测控技术的应用

检同期：在关于测控技术的具体应用过程中，PMU（电源管理单元）会将同步相量数据发送给同期检查继电器，而继电器则通过这些数据作出一些判断，判断其两侧点差相角是否足够接近，以此确保合闸过程中不会对断路器造成一定的损害。

自适应继电器：PMU会将同步相量数据发送给具有保护与监视功能的配电自动化系统，系统在收到这些数据后，会根据这些数据对设备的保护参数与定值作出自动调整。

状态预警：PMU数据在被送到调度中心后，调度中心便会根据这些数据来进行振荡或者端面负荷极限的测试，根据测试结果来与预先制定出的各种参数区间进行对比，若超出了参数区间，便会自动启动状态预警，通知相关的检修人员前来进行检修或者补救工作。

状态评估：当PMU数据被送到状态评估系统后，状态评估系统便会根据这些数据来对配电网的电压和潮流进行相关的评估工作，以此来确定该区域的配电网是否有故障风险。

稳定控制：当PMU数据被送到变电站后，这些数据便会经过不断的转发，然后对包括但不限于电容器、电抗器、SVC阻尼控制器等设备进行广域控制，进而对整个区域的配电网实施稳定作用。

频率电压紧急控制：当从PMU所发送的信息中发现有非常严重的故障时，例如机组跳闸，断面断

开等问题时，为了能够保证整个配电网的安全运行，广域测量与保护系统便会控制数据进行切记、切负荷，进而保证安全^[3]。

2.4 快速仿真和模拟技术的应用

快速仿真和模拟技术应用到农村配电网的建设与运营之中后，不仅可以对农村配电网实施有效地故障预测分析、自动电压控制，还可以实现在无人看管的情况下对故障区域的配电网与其他区域的配电网实施隔离，以此来保证整个配电网的安全稳定运行。因该技术对于数据信息的计算效率和准确性都非常高，不仅可以用来对可能出现的配电网故障的预测，还可能自动排查检查出现故障的原因，并为相关检修人员提供一些切实可行的解决办法以供参考，降低检修人员的工作强度的同时，还能够有效地提高故障检修效率，减少故障区域的断电时间^[4]。

2.5 电网调度自动化技术的应用

随着配电自动化技术的逐步完善，配电网调度自动化技术可以被分成5个等级，并且都可以由配电自动化系统来直接进行自动调度完成，不用再像过去一样通过人工的方式来完成电网调度工作。而在农村配电网中应用电网调度自动化技术，不仅可以对配电网的整个系统进行实时状态在线检测与监督，还能够对收集上来的各种数据信息进行详细的分析对比，然后自动化系统便可以根据这些反馈上来的信息来对农村的配电情况进行精准调度。具体来说就是在用户比较多的地方多调度电力供应，用户少的地方少调度电力供应，这一点虽然过去也可以通过人工来完成，但自动化系统进行这项工作无疑比人工要更加精准有效，进而能有效地降低电力调度过多而造成的电力浪费问题。

参考文献

- [1] 栗清枝. 宋保明. 农网配电自动化技术研究与分析[J]. 民营科技. 2015(7): 16.
- [2] 杨雨薇. 温智慧. 胡首. 城乡一体化的农网配电自动化建设[J]. 大众用电. 2016(2): 36-37.
- [3] 黄建辉. 中小城市配电网自动化系统规划[J]. 东北电力技术. 2010(06): 35-38.
- [4] 王良. 配电网自动化应用实践的几点探讨[J]. 电力系统保护与控制. 2016. 44(20): 12-16.

(责任编辑:袁航)

缩短通信光缆故障处理时间

彭坤, 丁正胜

(国网安徽宿松供电公司, 安徽 宿松 246500)

光缆作为支撑电力通信网的基础, 承载公司办公、电网调度控制、收缴电费、变电站视频设备监测、行政视频会议等各项业务。宿松供电公司地处丘陵地带, 架设的光缆经常遭松鼠等小动物和施工车辆外力破坏严重, 而国家电网公司规定“四级通信网通信中断超过1个工作日为通信安全事故”。为了提高电力通信网可靠性, 提高故障光缆抢修效率, QC运维通信小组将缩短通信光缆故障处理时间作为QC活动的课题。

1 选题理由

宿松供电公司要求信通运检班必须保障通信光缆正常稳定运行, 发生故障时及时处理, 保证通信光缆故障处理时间不超过8 h。但光缆抢修实施起来相当麻烦, 情况较为复杂, 目前还未达到公司规定, 此次课题研究的重点就是针对宿松地区光缆故障进行分析处理, 缩短通信光缆故障处理时间。

2 现状调查

为查明宿松供电公司光缆故障现状情况, 小组成员对2017年1—12月份发生的通信光缆故障处理时间按照各个流程用时进行了统计, 统计结果如表

1所示。

从表1可看出导致光缆故障处理时间长主要有2个原因, 分别是: 故障巡查时间长, 准备工作时间长。

3 设定目标

根据上级公司要求以及10 kV五里07线光缆抢修的经验, 小组成员认为有能力将每次光缆抢修的故障巡查时间缩短到270 min, 将准备工作缩短到60 min, 则故障处理时间就可以缩短到480 min。所以, QC小组的目标是: 将宿松供电公司的通信光缆故障处理时间由10 h缩短到8 h。

4 原因分析

针对通信光缆故障处理时间长的2个主要原因问题“故障巡查时间长”和“准备工作时间长”, 小组成员运用头脑风暴法进行分析, 找到6条末端因素, 绘制出原因分析关联图, 如图1所示。

5 确定要因

为找出要因, 小组成员根据6个末端因素制定了要因确认表, 如表2所示。

表1 光缆故障处理时间统计表

抢修光缆线路名称	故障巡查/min	准备工作/min	故障光缆更换/min	光缆熔接/min	后期测试及通信恢复工作/min	合计/min
35 kV程许305线	380	90	60	65	27	622
35 kV凉破305线	350	95	65	60	32	602
10 kV五里07线	270	57	58	60	35	480
35 kV破隘305线	430	92	55	62	22	661
35 kV程集305线	430	83	60	55	38	666
35 kV碧佐307线	380	86	64	57	34	621
10 kV程营04线	332	88	61	60	32	573
10 kV复兴07线	355	95	58	62	27	597
10 kV佐坝04线	326	90	62	57	27	562
10 kV木梓05线	387	94	57	62	26	626
平均用时	360	90	60	60	30	600

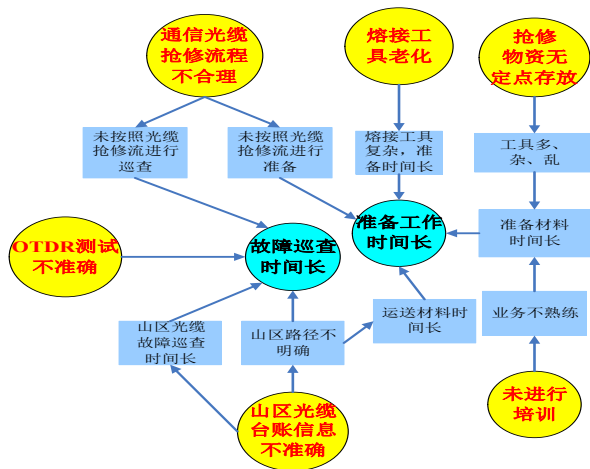


图1 原因分析关联图

表2 6个末端因素要因确认表

末端因素	确认内容	确认方法	标准
未进行培训	操作人员培训情况	调查分析 现场考核	《调度通信施工指导考核标准》
熔接工具老化	熔接工具使用情况	购买新的光纤熔接机进行熔接对比操作,并记录时间	熔接速度应小于1 min/芯
通信光缆抢修流程不合理	通信光缆抢修流程的合理性	统计流程具体用时,提出改进措施	《光缆抢修指导书》
OTDR测试不准确	OTDR测试数据的准确性	测试10盘备用光缆和两处在用光缆,检查数据是否准确	误差不超过1%
山区光缆台账信息不准确	检查台账是否完整、准确	通过比对不同地区光缆抢修时间,查看时间差距	不同地区光缆抢修时间差距保证在1 h之内
抢修物资无定点存放	检查抢修物资是否都在固定仓库分类存放	检查通信抢修仓库物资是否齐全,完备	是否有定点仓库,存放、领取材料是否方便

小组分析认为,导致光缆抢修时间较长的主要原因如表3所示。

6 对策实施

针对要因,小组成员进行了详细的讨论分析,按照5W1H的原则制定如下对策表,如表4所示。

表3 光缆抢修要因确认表

末端因素	确认经过	最终确认
未进行培训	在光缆业务培训方面进行严格的测试,所有人员必须经过严格的理论和实践学习,并经考试合格后方可上岗	非要因
熔接工具老化	购买新的光纤熔接机,测试熔接速度	非要因
通信光缆抢修流程不合理	查询通信光缆施工抢修流程,发现流程不规范,熔接人员和施工人员合理不分工,严重影响通信光缆故障处理时间	要因
OTDR测试不准确	测试非工作光缆,对仓库的10盘光缆进行测试检验 测试工作光缆,选择两个正在工作的变电站作为测试点,测试光缆运行情况	非要因
山区台账信息不准确	小组通过查询宿松公司光缆地理接线图,对比光缆抢修资料发现,位于山区的光缆抢修时间过长	要因
抢修物资无定点存放	小组成员通过调查发现,通信光缆运检班的抢修物资都集中存放在公司大楼,其中抢修光缆存放于洲头点	非要因

6.1 制定标准化巡视制度并及时更新山区光缆台账

6.1.1 制定 ADSS 光缆巡检标准

由宿松供电公司光缆线路施工维护人员向外线巡线人员讲解光缆知识及本次光缆检查技术交底,交底内容包括: ADSS 光缆组成用途及其特点; 光缆检查方法、技术措施、操作要求; 质量要求、检验、试验方法及保证措施; 安全施工措施; 采用的技术标准。

由宿松供电公司信通运检班结合电力线路巡视检查计划安排对山区光缆线路进行巡视检查,填写光缆线路巡视检查表。

6.1.2 收集数据,定期测试山区光缆运行情况

小组成员定期前往位于山区的变电站进行光缆测试,并按照光缆日常巡检内容及要求沿线路巡视,每次测试完毕,小组成员将测试完成的数据整理之后交给信通运检班班长,由班长审核无误后存放于信通运检班档案室。

6.1.3 利用百度地图制作光缆图形台账

小组成员利用百度地图测算光缆里程,并对山区光缆台账进行更新,在光缆图上详细反应光缆走

表4 对策表

要因	对策	目标	措施	完成时间
山区光缆台账信息不准确	制定标准化巡视制度并及时更新山区光缆台账信息	故障巡查时间由6 h减到4.5 h	1. 制定ADSS光缆巡检标准。 2. 收集数据,定期测试山区光缆运行情况。 3. 利用百度地图制作光缆图形台账。	2018.11
通信光缆抢修流程不合理	依据抢修流程优化抢修方案	准备工作时间由1.5 h减到1 h	1. 建立多个定点存放物资的仓库。 2. 编制宿松公司通信光缆抢修流程图。 3. 优化流程。	2018.11

表5 光缆故障处理时间演练表

抢修光缆线路	故障巡查/min	准备工作/min	故障光缆更换和光缆熔接/min	后期测试及通信恢复工作/min	合计/min
35 kV程许305线光缆抢修	260	60	95	27	442
10 kV长铺07线光缆抢修	270	57	88	35	450
35 kV破隘305线光缆抢修	273	62	87	22	444
10 kV佐坝04线光缆抢修	280	60	89	27	456
10 kV木梓05线光缆抢修	267	64	89	26	446
光缆抢修平均用时	270	60	90	30	447

向,是否跨山地、跨公路,并标注光缆位置的详细公里数等情况。

通过以上措施实现光缆故障查找时间由以前的360 min,降低到现在的270 min。

6.2 依据抢修流程优化抢修方案

6.2.1 建立多个定点存放抢修物资的仓库

根据宿松供电公司光缆地理接线图选取合适的地点建立仓库,用于存放抢修物资,这样在光缆发生故障时就会减少运送材料的时间,同时也可以减少准备材料的时间。目前公司已建成坝头、陈汉、凉亭、长铺东西北4个仓库。建立仓库之前准备工作用时108 min,建立仓库之后准备工作用时78 min,减少30 min。

6.2.2 修订宿松供电公司通信光缆抢修流程

发现通信光缆故障及时进行故障类型判断,将故障判断结果告知班长。

班长向公司领导汇报情报,并立即安排各个小组开展行动。

县城5 km以内的通信光缆故障要在60 min内到达现场,5 km外要在120 min到达现场。

到达故障现场立即抢修,并按公司重大光缆故障抢修要求抢修,做到先抢通业务,后再修复。

业务恢复后要求确认。

故障处理完毕,业务恢复须及时回单给网管中心,并逐级进行汇报。

6.2.3 优化流程

进行熔接操作时分步进行架设新光缆、熔接第一个接头、熔接第二个接头,各项流程用时90 min,同步进行各项流程共用时60 min,共计减少用时30 min。

通过以上措施,光缆抢修准备工作时间减少了30 min,优化流程减少了30 min,总时间减少了60 min。

7 效果检查

根据实施一和实施二的方案,小组成员整体进行了5次演练,演练结果如表5所示。由表5可看出:宿松供电公司目前通信光缆平均故障处理时间为447 min,比设定目标值8 h,还减少了33 min,成功完成目标。

8 巩固措施

重新修订了《通信光缆抢修方案》,并多次演练,确保所有人员都能把光缆故障处理流程习惯化,并制定《通信光缆测试记录本》。

加强了山区光缆台账管理,定期进行更新,制定《山区光缆定期巡视制度》,将山区光缆作为重点维护对象纳入到信通运检班日常工作当中。

(责任编辑:袁航)

储能电站系统集成方案

艾绍伟, 喻连喜

(许继电气股份有限公司中部, 河南 许昌 461000)

摘要: 文章就储能电站系统集成的设计、运行和安全等进行了全面的分析和探讨, 为后续储能电站系统集成提供切实有效的参考和指导。

关键词: 储能电站; 电池; AGC控制; 安全

中图分类号: TM72

随着城市化建设的加快和用电负荷的不断增长, 出现分区用电缺口, 增加了电网迎峰度夏的供电压力, 影响了部分区域的生活用电。储能电站的出现很好地解决了这些问题。以下将从储能电站的设计、运行、安全等全面展开分析, 为储能电站的可靠运行提供参考。

1 储能电站设计

储能电站的设计包括电池的选用、系统运行方式和保护装置配置等, 以下将以某24 MW/48 MWh储能电站为例, 具体展开分析。

1.1 电池选用

根据经济适用原则, 目前储能电站一般采用磷酸铁锂电池储能, 磷酸铁锂电池具备安全可靠、放电深度和充放电倍率高等优势。电池单元采用模块化设计, 每套12.19 m非标预制舱电池容量2 MWh, 预制舱内具有温控、消防、照明、视频监控等保护系统, 确保电池系统具有最优的转换效率及运作性能, 同时具有安全可靠的保护措施。

1.2 系统运行方式

储能电站储能系统采用预制舱户外布置方式, 共设置24套储能电池预制舱和24套PCS及升压变成套装置, 每套储能电池预制舱配置一套PCS及升压变成套装置, 每个电池预制舱容量为1 MW×2 h, 采用12.19 m非标预制舱; PCS及升压变成套装置安装2台500 kW PCS和1台1250 kVA双绕组升压变压器。储能单元所发电力升压至10 kV后, 并网汇集到公网10 kV母线, 如图1所示。

1.3 保护装置配置

10 kV线路两侧分别配置单套光纤分相电流差

动保护。母线设置1套方向过流对10 kV母线进行保护。全站配置独立的防孤岛保护装置。储能站配置1套频率电压紧急控制装置。

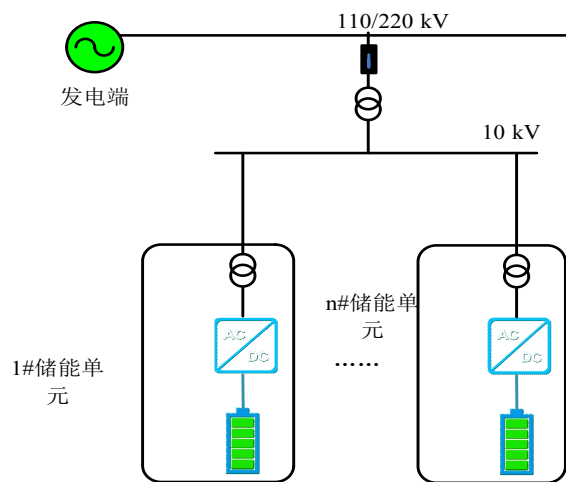


图1 储能电站

2 储能电站运行

2.1 AGC控制

AGC有功控制是储能电站的主要功能, 调度主站依据电网频率和联络线功率偏差以及充放电可调上/下限下发AGC调节指令, 储能电站跟踪指令进行功率控制。储能电站AGC控制系统面向全站进行网络拓扑建模, 实现全站设备实时监控, 控制、告警、能量管理功能, 系统根据调度AGC调节指令结合站端各储能单元当前状态实时生成站端AGC控制命令, 在实现调度AGC指令跟踪的同时有效保护电池运行安全, 如图2所示。

2.2 削峰填谷

用户侧储能主要针对城市电网中大工业或工商业用电大户, 利用峰谷价差实现节省电费的目的。

同时在有条件的地方可布置光伏或风机进行分布式发电互补,达到动态调节、减少电网输入、缩短投资回收年限的效果,如图3所示。

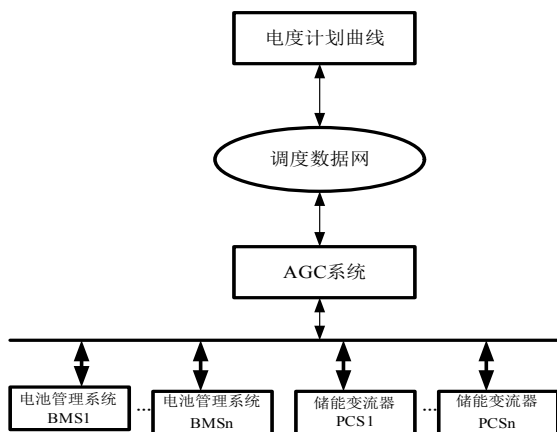


图2 AGC控制

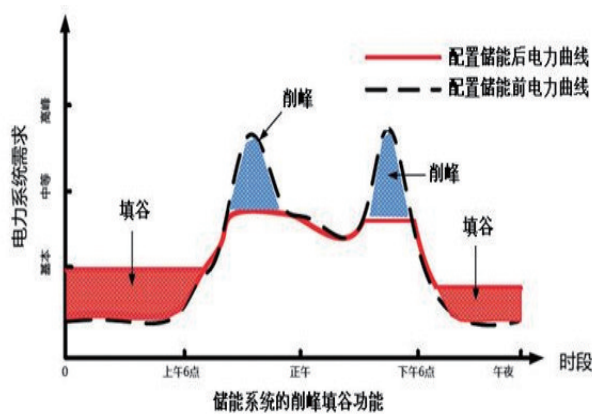


图3 削峰填谷

3 储能电站安全措施

3.1 火灾报警

储能电池集装箱等较易发生火灾处,设置感温、感烟探测器。火灾自动报警系统设备包括火灾报警控制器、探测器、控制模块、信号模块、手动报警按钮等。

3.2 元件级消防措施

3.2.1 模组结构

在电池模组设计上,保证电芯间距大于2 mm,达到散热、防火隔离目的。电池架每层间距15 mm,左右间距50 mm,表面喷覆环氧树脂粉末保护,各机柜器件考虑足够的爬电距离,空气间隙避免电器短路起火。

3.2.2 材料选择

电池模组的塑胶结构件选用含玻璃纤维的复合材料。玻璃纤维熔点680℃,沸点1000℃,对电池模组的防火耐火性能有很大提升。集装箱内壁上填充50 mm厚岩棉板。岩棉板是一种不燃级保温隔热材料,能够达到保温、隔热、阻燃的效果。

3.2.3 电池系统管理

储能电站电池管理系统(BMS)会对电池进行常态监测、评估和保护。具体包含:荷电状态过高保护、荷电状态过低保护、电池簇过压保护、电池簇欠压保护、电池簇过流保护、单体电池过压保护、单体电池欠压保护、单体电池过流保护、单体电池过温度保护、单体电池低温保护、短路保护。

3.2.4 电芯温控措施

通过传感器将实时监测到的电压、电流、温度等参考量逐步上传,并通过上级管理单元进行汇总、评估和仲裁,当电池温度超过温度阈值(如:60℃)时,电池能量管理系统会发出指令使系统停机,杜绝热失控发生。

4 结束语

随着可再生能源的发展和对电能质量要求的提高,储能电站的出现将会解决当前供电可靠性及供电质量的问题。本文就储能电站的设计、运行、安全等问题进行了详细的分析与探讨,可为储能电站的建设提供必要的参考与借鉴。

参考文献

- [1] 刘健,倪建立,邓永辉. 配电自动化系统[M]. 中国水利水电出版社,2009.
- [2] 冯庆东,毛为民. 配电网自动化技术与工程实例分析[M]. 中国电力出版社,2009.
- [3] 陈堂,赵祖康,陈星莺,胡大良. 配电系统及其自动化技术[M]. 中国电力出版社,2009.
- [4] 赵祖康,徐石明. 电力系统信息传输协议综述[J]. 电力系统自动化,2010.

作者简介

艾绍伟(1984—),男,电气工程师,长期从事变电站自动化系统测试技术应用研究。

喻连喜(1979—),男,高级电气工程师,长期从事变电站自动化系统测试技术应用研究。

(责任编辑:张峰亮)

基于超级电容-液钒电池平滑直驱风电系统出力

布赫

(内蒙古电力(集团)有限责任公司乌兰察布电业局, 内蒙古 乌兰察布 012000)

摘要: 风电作为环境友好型电源在电网中的渗透率不断增大, 其输出功率的波动性和间歇性对电力系统电能质量及其运行稳定性将产生重大影响; 同时, 电网故障也会给风电系统带来一系列的暂态过程。文章将高压大功率三电平变流器应用到直驱风电系统, 为了抑制风电机组输出功率波动及电网故障对风电的不利影响, 本文针对储能型并网永磁直驱风力发电系统的运行特点, 提出了一种可行的综合控制策略, 在风电机组输出功率较为平滑的同时, 还具有较强的低电压穿越能力, 使风电系统在电网故障时能保持正常运行。仿真结果很好地验证了所提出的控制策略的正确性和有效性。

关键词: 风力发电; 直驱型; 储能系统; 平滑出力; 低电压穿越

中图分类号: TM73

本文采用双三电平背靠背变流器结构, 即机侧和网侧变流器均采用二极管中点箝位(Neutral-point-clamped, NPC)型三电平拓扑结构。通过在网侧变流器直流侧并联超级电容储能系统来改善风电机组并网性能。提出了一种综合控制策略, 在该控制策略下, 当电网正常运行时, 系统能实现平滑的有功输出, 当电网发生故障时, 具有较强的低电压穿越能力, 同时改进了网侧变流器的控制策略, 使得风电机组在电网电压故障时优先向电网注入无功电流, 以帮助电网快速恢复正常运行。仿真验证了系统稳定性及电网故障时, 直驱风电系统的低电压穿越性能。最后利用移动式低电压穿越检测设备对永磁直驱风电机组进行了现场测试, 测试结果满足国网的风电低电压穿越运行要求。

1 直驱式风力发电系统结构及分析

1.1 系统结构

二极管箝位三电平变流器结构。如图1所示。风力机与发电机转子直接相连, 电能由发电机定子端经过双三电平全功率变流器馈入电网。

1.2 风力机模型

风力机的基本原理是利用风轮接受风能, 将其转换为机械能, 并通过风轮轴输送出去。由空气动力学原理可知, 风力机的输出功率 P_m 满足:

$$P_m = \frac{1}{2} \rho S V_w^3 C_p(\theta, \lambda), \quad (1)$$

$$\lambda = \omega_w R / V_w. \quad (2)$$

式中: S 为桨叶扫风面积; ρ 为空气密度; V_w 为风速; θ 为桨叶桨距角; λ 为叶尖速比; ω_w 为风轮转速; R 为风力机转子半径; C_p 为与 θ 和 λ 有关的功率系数。

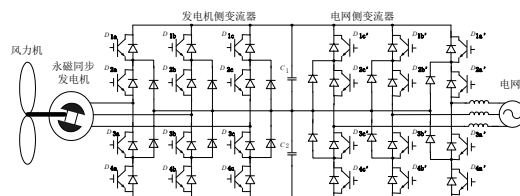


图1 背靠背双三电平二极管箝位型拓扑结构

由于风力机从风中捕获的功率满足:

$$P_w = T_w \omega_w, \quad (3)$$

所以风力机的机械输出转矩 T_w 可表示为:

$$T_w = \frac{1}{2} \rho \pi R^3 V_w^2 C_p(\theta, \lambda) / \lambda, \quad (4)$$

风电机组轴系统模型为:

$$\frac{d\omega_r}{dt} = (T_e - T_w - B_m \omega_r) / J_{eq}. \quad (5)$$

式中: ω_r 为发电机转子转速; T_e 为电磁转矩; B_m 为等效转动惯量; J_{eq} 为转动粘滞系数。

1.3 永磁同步发电机数学模型

永磁同步发电机采用转子磁链定向矢量控制, 选取d轴与转子永磁体的磁链方向重合, 定子电压电流正方向遵循发电机惯例, 可得其在dq轴坐标系下的电压、磁链、转矩和运动方程。

定子电压方程为:

$$\begin{cases} u_{sd} = -R_s i_{sd} + \omega_r \Psi_{sq} - \frac{d\Psi_{sd}}{dt} \\ u_{sq} = -R_s i_{sq} + \omega_r \Psi_{sd} - \frac{d\Psi_{sq}}{dt} \end{cases}, \quad (6)$$

定子磁链方程为:

$$\begin{cases} \Psi_{sd} = L_{sd} i_{sd} + \Psi_f \\ \Psi_{sq} = L_{sq} i_{sq} \end{cases}, \quad (7)$$

电磁转矩及运动方程为:

$$T_e = \frac{3}{2} N_p i_{sq} [(L_{sq} - L_{sd}) \cdot i_{sd} + \Psi_f], \quad (8)$$

$$T_m - T_e = \frac{J}{N_p} \times \frac{d\omega_r}{dt}. \quad (9)$$

式中: u_{sd} 、 u_{sq} 、 i_{sd} 、 i_{sq} 分别为定子 d、q 轴电压、电流; Ψ_{sd} 、 Ψ_{sq} 分别为定子磁链的 d、q 轴分量; Ψ_f 为永磁体磁链; R_s 为定子电阻; L_{sd} 和 L_{sq} 为发电机直轴、交轴电感; T_m 为机械转矩; J 为转动惯量; N_p 为极对数。

2 系统工作原理

图 2 所示为基于超级电容器储能的永磁直驱风电系统拓扑结构。机侧和网侧变换器均采用二极管中点箝位型三电平变换器。机侧变流器控制目标为在保证发电机平稳高效运行的同时,能够快速地完成最大功率追踪^[14]。网侧变换器通过调节网侧的 d 轴和 q 轴电流,控制其直流侧电压稳定,并且实现有功和无功的解耦控制。直流侧并入超级电容储能系统,该系统由超级电容器组和双向 DC/DC 变换器组成。

电网正常运行时,当风力发电机组输出功率高于系统输出功率参考值,即 $P_c > P_w^*$ 时,把多余的能量存储在储能系统中;当风力发电机组输出功率低于系统输出功率参考值,即 $P_c < P_w^*$ 时,将储能设备中的能量释放出来为电网提供有功支撑。

当电网电压出现故障时, PMSG 的主要问题在于能量不匹配导致直流侧电压的上升。可以通过控制双向 DC/DC 变换器实现储能系统的充放电来控制直流侧电压。当直流侧电压超过参考值时,变换器工作在 Buck 模式,对超级电容器进行充电,能量从直流侧流向超级电容储能系统,从而减小直流侧电

压,反之,变换器工作在 Boost 模式,使直流侧电压升高^[15-16]。

同时,根据电网电压跌落的深度,控制网侧变换器向电网发出一定的无功功率,支撑电网电压,帮组电网快速恢复正常运行。

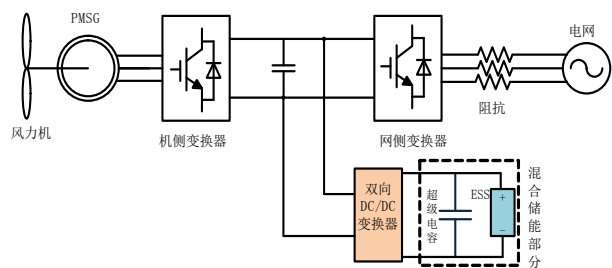


图 2 基于复合储能的并网永磁直驱风电系统

3 系统控制策略

3.1 双向 DC/DC 变换器的控制策略

本文设计了如图 3 所示储能系统的双向 DC/DC 变换器电路,储能系统通过 DC/DC 变换器与直流侧连接,通过控制双向 DC/DC 变换器,来控制储能系统的充电与放电,实现对直流侧电压稳定的控制。

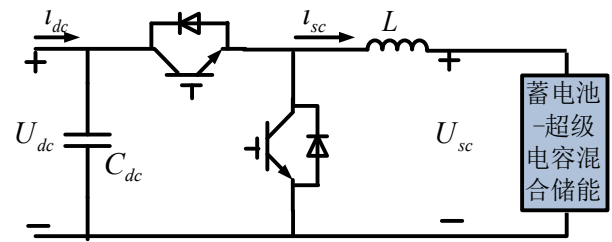


图 3 双向 DC/DC 变换电路

在控制方式上,双向 DC/DC 变流器采用双环串级控制,内环为储能电流环,外环为直流侧电压环。电流内环的作用主要是提高系统的响应速度,使系统具有良的动态性能和抑制干扰的能力;电压外环主要是维持网侧变流器直流母线电压恒定。双向 DC/DC 变流器的控制框图如图 4 所示。

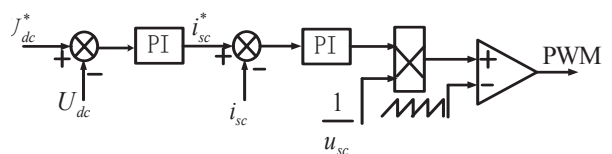


图 4 DC/DC 变换器控制框图

从图中可以看出,外环电压环从直流母线检测到的电压实际值 U_{dc} ,与参考电压 U_{dc}^* 做差得到误差信号,通过PI调节器后得到内环电流的参考值 i_{sc}^* 。内环电流实际值 i_{sc} 与参考值 i_{sc}^* 做差,得到的误差信号经电流环PI调节器后经PWN调制产生开关信号,从而来控制功率开关管的开通关断。主要控制目标是利用超级电容储能系统调节直流侧电压。

3.2 改进的网侧控制策略

当电网发生故障时,电网需要一定的无功支撑,若风电机组仍然运行在单位功率因数状态,对电网的低电压运行及恢复会很不利。在本文的控制策略下,电网故障时,网侧变换器根据电网电压跌落的深度优先向电网发出无功功率以支撑电网电压,同时帮组风电机组实现低电压穿越功能并快速恢复正常运行。当电网处于正常运行时,电网电压外环输出为0,保证网侧变换器运行在单位功率因数状态,只向电网输送有功功率。改进之后的网侧逆变器的控制框图如图5所示。

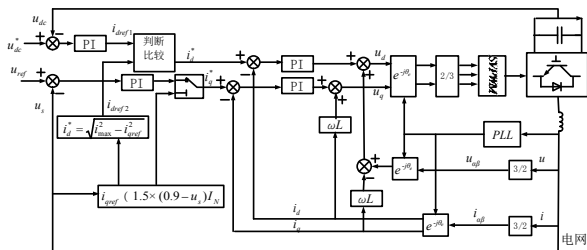


图5 改进的网侧控制原理图

电网标准要求总装机容量在百万千瓦级规模及以上的风电场群,电网电压跌落时,每个风电场在低电压穿越过程中对电网应具有以下动态无功支撑能力:

$$i_q \geq 1.5 \times (0.9 - u_s) I_N \quad (10)$$

当电网电压发生跌落致额定值的90%以下时,根据公式(10)可得到网侧无功电流的参考值。因为当电压跌落时,网侧逆变器优先发出无功功率,必须通过 $i_d^* = \sqrt{i_{\max}^2 - i_{qref}^2}$ 对有功参考电流进行限制。 U_{dc}^* 与 U_{dc} 的差值经过PI调节器得到原有有功电流的参考值 i_{dref1} ,然后再与有功参考电流限制值 i_{dref2} 进行比较判断,得到最终有功电流参考值。

当 $i_{dref1} - i_{dref2}$ 时,说明网侧变换器直流电压外环还能对直流侧电压进行调节;否则表明调节器已达饱和,此时需要直流侧储能系统吸收多余的能量,以稳定直流侧电压;同时网侧变换器以优先输出无功电流为主要控制目标,增强机组的低电压穿越能力。

4 储能系统的等效电路与数学模型

4.1 液钒电池(VRB)等效电路与数学建模

如图6所示建立了VRB的等效电路。根据液钒电池的数学和物理特性,采用以下等效: S_{soc} 表示活性化学物质数量,是一个动态的变量;电池堆电势被等效成一个受控电压源,受 S_{soc} 变化的影响;泵升损耗被等效为一个受控电流源,受泵损电流 I_{pump} 的控制,流过电池组堆的电流 I_{stack} 和 S_{soc} 决定了 I_{pump} 的大小。VRB的内部功率损耗包括等效内阻损耗(由 $R_{reaction}$ 和 $R_{resistive}$ 引起)和外部寄生电阻的损耗 $P_{parasitic}$ (分为固定电阻 R_{fixed} 的损耗和泵损 P_{pump})。

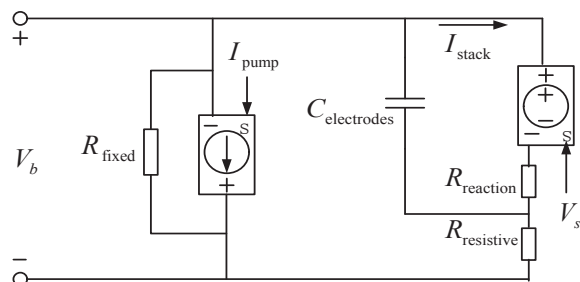


图6 VRB等效电路模型

在较恶劣的条件下估计损耗为21%(内阻损耗为15%和寄生损耗为6%)时计算出VRB等效电路参数如下。电池在额定功率 P_N 下,损耗占21%时,电池堆输出的功率为:

$$P_{stack} = \frac{P_N}{1 - 21\%} \quad (11)$$

根据能斯特方程,单体电池电压 V_{cell} 与其 S_{soc} 之间的关系为:

$$V_{cell} = 1.259 - 0.0257 \ln \left[\left(\frac{SOC}{1 - SOC} \right)^2 \frac{1}{[H]^2} \right] \quad (12)$$

寄生损耗可表示为:

$$P_{parasitic} = P_{fixed} + P_{pump} = P_{fixed} + k' \frac{I_{stack}}{S_{soc}} \quad (13)$$

$$R_{\text{fixed}} = \frac{V_b^2}{P_{\text{fixed}}}, \quad (14)$$

$$I_{\text{pump}} = \frac{k' \frac{I_{\text{stack}}}{S_{\text{SOC}}}}{V_b}. \quad (15)$$

式中： V_b 为VRB工作时的端电压； k' 为与泵损有关的常数。

VRB系统反应内部损耗为15% P_{stack} ，依据9%的 P_{stack} 由 R_{reaction} 引起和6%的 P_{stack} 由 $R_{\text{resistive}}$ 引起，可以估算出 R_{reaction} 和 $R_{\text{resistive}}$ 的值，即：

$$R_{\text{reaction}} = \frac{P_{\text{stack}} \times 9\%}{I_{\text{stack}}^2}, \quad (16)$$

$$R_{\text{resistive}} = \frac{P_{\text{stack}} \times 6\%}{I_{\text{stack}}^2}. \quad (17)$$

单体电池的电容大小为6 F，由于单体电池端电压较低，电池组一般均由多个单体电池串联组成，电池堆电势 V_s 和等效电容 $C_{\text{electrodes}}$ 分别为：

$$V_s = nV_{\text{cell}}, \quad (18)$$

$$C_{\text{electrodes}} = \frac{6}{n}. \quad (19)$$

VRB的 S_{SOC} 定义为：

$$S_{\text{SOC}} = \frac{\text{电池储能容量}}{\text{电池额定容量}}. \quad (20)$$

4.2 基于Matlab/Simulink建立VRB仿真模型

在Matlab/Simulink仿真平台搭建了VRB的仿真模型，仿真研究了VRB组的充放电特性。VRB组系统参数如下：额定功率 $P_N=1000$ kW，储能容量 $E_N=100$ kWh，端电压范围 $U_N=1024\sim 1200$ V，单体电池数 $n=800$ ， $R_{\text{reaction}}=0.458$ Ω ， $R_{\text{fixed}}=944.7$ Ω 。以70 A的恒定电流对VRB组分别进行充、放电30 min。在一个完整的充放电周期过程中，VRB组的 S_{SOC} 、电势 V_s 和工作时输出端电压 V_b 的变化情况如图7所示。

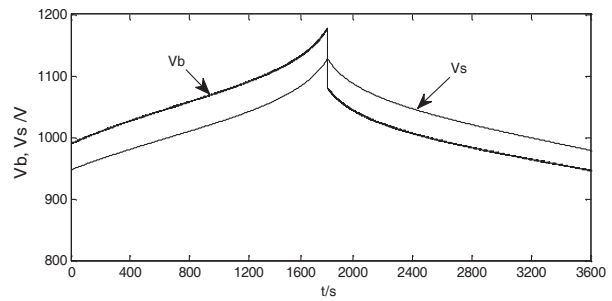
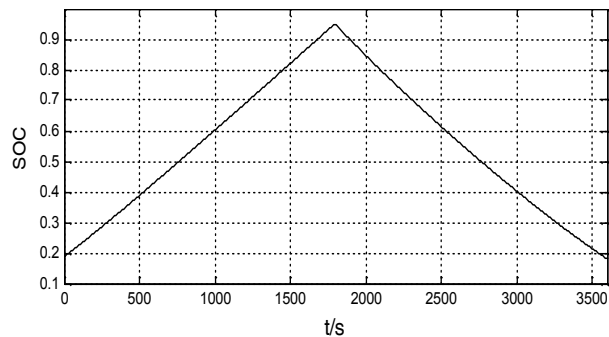


图7 VRB仿真波形

从图8中可以看出，在整个充放电过程中，电势 V_s 曲线随 S_{SOC} 的变化而连续变化。电池组等效模型中串联内电阻的损耗压降导致端电压 V_b 与电势 V_s 在数值上存在一定的差值。在VRB组充放电切换的瞬间，电池组内阻电压降极性随着电流反向而发生变化，使得端电压 V_b 在充、放电变化的瞬间而不连续。

4.3 超级电容器电容值的确定

电网电压跌落时，由于变流器的限流，会造成发电机输出的功率大于网侧变换器吸收功率。因此，为了维持直流母线电压稳定，储能系统应快速的吸收直流侧积累的多余能量^[17-18]，如以下方程所示：

$$CU_{dc} \frac{dU_{dc}}{dt} = P_{\text{gen}} - P_{\text{grid}} = \Delta P. \quad (21)$$

超级电容的电流 i_{sc} 与其两端的电压关系为

$$U_{sc} = E_{sc} + R_{sc} I_{sc}, \quad (22)$$

$$I_{sc} = C_{sc} \frac{dE_{sc}}{dt}. \quad (23)$$

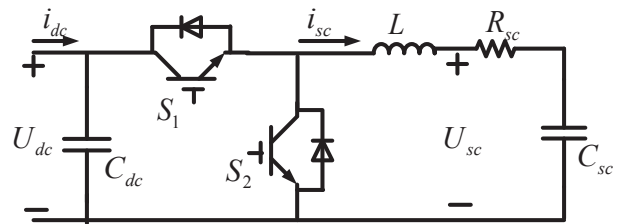


图8 双向DC/DC变换电路

为了满足并网要求，电网故障时，储能系统应将直流侧积累的全部能量储存起来。电压跌落期间，储能系统中的功率为^[19]：

$$P_{\text{LVRT}} = \begin{cases} (0.9 - U_{\text{min}}) P_{\text{rated}} - P_f & 0 \leq t \leq t_1 \\ \frac{(0.9 - U_{\text{min}}) P_{\text{rated}}}{t_2 - t_1} (t_2 - t) & t_1 < t < t_2 \end{cases} \quad (24)$$

$$P_J = 2P_{\text{rated}}(H_M + H_G) \frac{\Delta k}{\Delta T} \quad (25)$$

储能系统中储存的能量为:

$$E_{LVRT} = \int_0^{t_1} [(0.9 - \mu_{\min}) P_{\text{rated}} - P_J] dt + \int_{t_1}^{t_2} \frac{(0.9 - U_{\min}) P_{\text{rated}}}{t_2 - t_1} (t_2 - t_1) dt \quad (26)$$

在储能系统运行时, 超级电容器组两端的电压要发生变化, 其等效电容值为:

$$C = \frac{2 \cdot E_{LVRT}}{\Delta U_{\text{cap}} \cdot U_{\text{cap}}^{\text{rated}}} \quad (27)$$

式中: P_{rated} 为风电机组的额定功率, U_{\min} 为电网电压跌落剩余值, H_M 和 H_G 分别为风力机和发电机的惯性常量, ΔT 和 Δk (%) 分别是故障持续时间和发电机转速变化, $U_{\text{cap}}^{\text{rated}}$ 和 ΔU_{cap} 分别是超级电容器的额定电压和电压变化量。

5 系统仿真结果

5.1 平滑风电出力仿真分析

大规模风电接入电网后, 风电功率固有的不确定性可能会显著增大系统的运行风险。因而在系统中配置一定容量的储能装置, 利用其灵活的充放电能力来降低系统的运行风险, 将对平抑功率波动、维持发电/负荷动态平衡、保持电压/频率稳定的起到一定的作用。文中将混合储能系统接入风电机组的直流侧, 并在 Simulink 环境下进行了仿真验证, 其中风速数据取自内蒙古伊和乌素风电场三号测风塔测风数据。

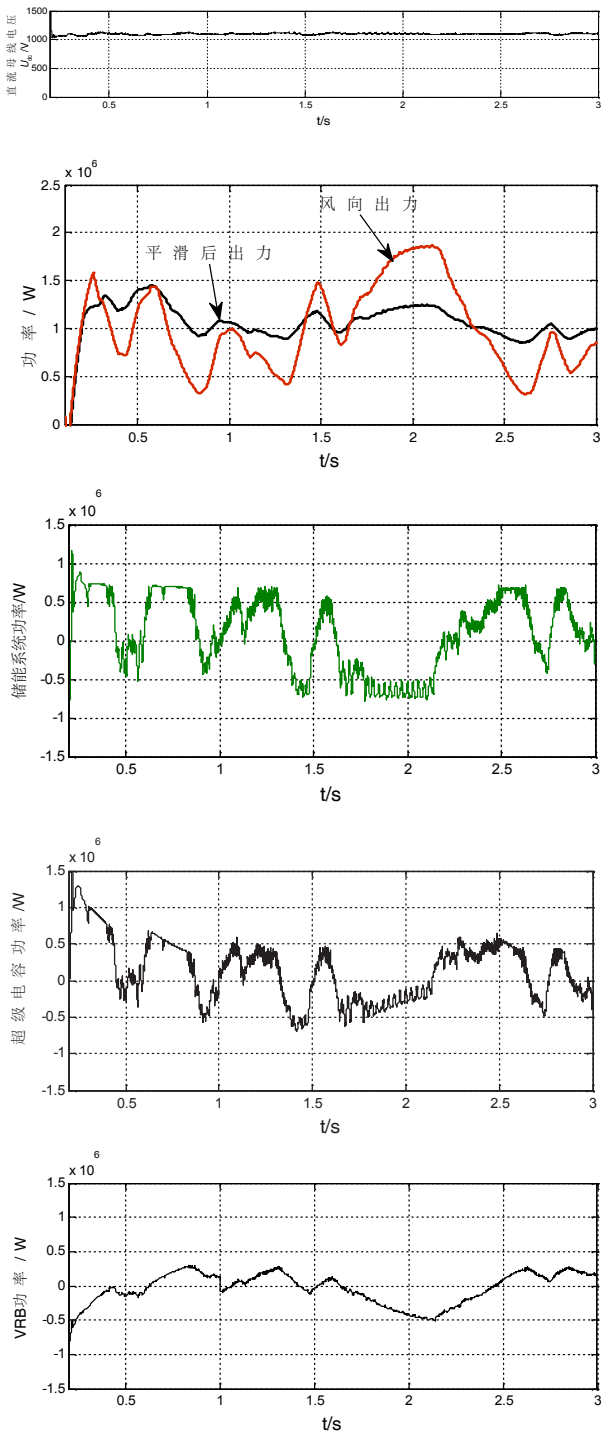
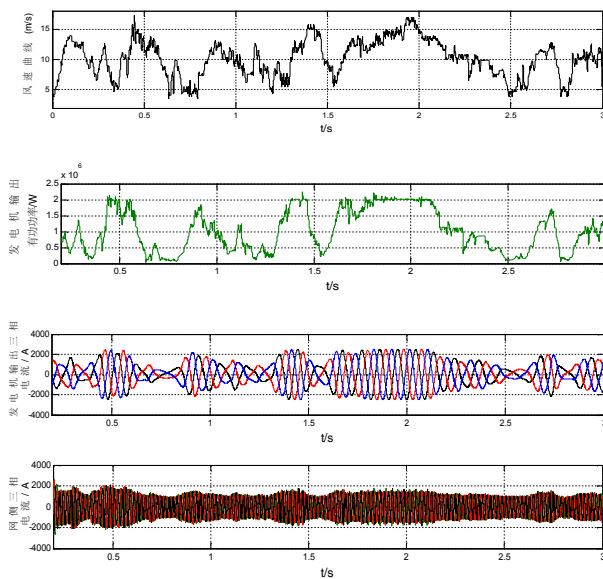


图9 平滑风电出力仿真图

在电网正常运行, 给定风速信号的情况下, 相应得到发电机输出的有功功率随风速波动比较大, 电机侧和电网侧的电流波动也较大, 如此剧烈波动的功率会对电网电压及频率的稳定造成很大的影响, 降低电网的电能质量。在网侧逆变器直流母线处接入混合储能系统后, 储能系统能够快速吞吐风电机组

输出功率的波动成分,使注入电网的有功功率明显变得较为平滑。混合储能系统输出总的有功功率为正表示充电,功率为负表示放电。由图9可见,超级电容储能的充放电频率明显高于VRB的充放电频率。储能系统端电压上升表示充电状态,下降表示放电状态,端电压的变化情况反应了储能系统吸收与放出能量的情况。

以上结果说明,在风速波动较大时,风力发电机输出的有功功率波动也较大;在网侧变换器直流侧并联超级电容和液钒蓄电池的混合储能系统之后,对系统的输出功率起到了有效的调节作用,使注入电网波动较大的有功功率变得较为平滑。超级电容器组的充放电频率高于液钒电池的充放电频率,说明超级电容能够快速的吞吐波动频率较高的功率;蓄电池可以平缓地持续发出/吸收波动频率较低的功率,将超级电容和蓄电池组成混合储能系统,可以利用二者在技术性能上的互补优势,提高储能系统的经济性能和技术性能。同时,仿真结果很好地验证了接入混合储能之后直驱风电系统变换器控制策略的有效性。

6 结束语

由于风电出力的波动性和间歇性,对电力系统电能质量及其运行稳定性将产生重大影响;同时,电网故障也会给风电系统带来一系列的暂态过程。针对储能型并网永磁直驱风力发电系统的运行特点,提出了一种可行的综合控制策略,在风速波动的情况下,风电机组输出功率较为平滑,保证了向电网注入友好型清洁电能,使风电机组具有柔性的并网能力。

参考文献

- [1] 廖勇,何金波,姚骏,等.基于变桨距和转矩动态控制的直驱永磁同步风力发电机功率平滑控制[J].中国电机工程学报,2009,29(9):71-77.
- [2] 周银,林桦.平滑永磁同步风电系统功率波动的改进最佳转矩控制策略[J].电力系统自动化,2013,37(9):13-17. GB/T 15945—2008 电能质量 电力系统频率偏差[S].北京:中国电力出版社,2008.
- [3] 袁铁江,陈洁,刘沛汉.储能系统改善大规模风电场出力波动的策略[J].电力系统保护与控制,2014,42(4):47-53.
- [4] 刘昌金,胡长生,李霄,等.基于超导储能系统的风电场功率控制系统设计[J].电力系统自动化,2008,32(16):

- 83-88.
- [5] 丁明,林根德,陈自年,罗亚桥,赵波.一种适用于混合储能系统的控制策略[J].中国电机工程学报,2012,32(7):1-6.
- [6] 张坤,毛承雄,陆继明,王丹,黄辉.基于储能的直驱风力发电系统的功率控制[J].电工技术学报,2011,26(7):7-14.
- [7] SEBASTIAN R. Modeling and Simulation of A High Penetration Wind Diesel System With Battery Energy Storage[J]. International Journal of Electrical Power and Energy Systems, 2011, 33(3): 767-774.
- [8] 管维亚,吴峰,鞠平.直驱永磁风力发电系统仿真与优化控制[J].电力系统保护与控制,2014,42(9):54-60.
- [9] BANHAM-HALL D D, SMITH C A, TAYLOR G A. Meeting modern grid codes with large direct-drive permanent magnet generator-based wind turbines low-voltage ride-through[J]. Wind Energy, 2012, 15: 799-810.
- [10] 姚骏,廖勇,庄凯.电网故障时永磁直驱风电机组的低电压穿越控制策略[J].电力系统自动化,2009,33(12):91-95.
- [11] MARTA Molinas, JON Are Suul, TORE Undeland. Low Voltage Ride Through of Wind Farms With Cage Generators: STATCOM Versus SVC[J]. IEEE Transactions on Power Electronics, 2008, 23(12): 1104-1117.
- [12] 田野,王冕,张艺彬,等.基于机电储能的永磁同步发电机低电压穿越控制策略[J].电力系统自动化,2012,36(7):17-21.
- [13] SALVADOR Alepuz, ALEJANDRO Calle, SERGIO Busquets-Monge. Use of Stored Energy in PMSG Rotor Inertia for Low-Voltage Ride-Through in Back-to-Back NPC Converter-Based Wind Power Systems[J]. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2013, 60(5): 1787-1796.
- [14] HAE Gwang Jeong, RO Hak Seung, KYO Beum Lee. An Improved Maximum Power Point Tracking Method for Wind Power Systems [J]. Energies, 2012, 5: 1339-1354.
- [15] 张方华,朱成花,严仰光.双向DC-DC变换器的控制模型[J].中国电机工程学报,2005,25(11):46-49.
- [16] 郑凌蔚,刘士荣,周文君,等.并网型可再生能源发电系统容量配置与优化[J].电力系统保护与控制,2014,42(17):31-37.
- [17] RAHIM Ahma, NOWICKI EP. Supercapacitor Energy Storage System for Fault Ride-Through of a DFIG Wind Generation System [J]. Energy Conversion and Management, 2012, 59: 96-102.
- [18] NASWALI Eunice, ALEXANDER Chianna, HAN Hai-Yue. Supercapacitor Energy Storage for Wind Energy Integration[J]. IEEE Transactions on Industry Applications, 2007, 43(3): 769-776.
- [19] 陈秋南,韦钢,卢炜,朱昊.基于超级电容器控制策略的含风电微电网电压波动的抑制[J].电力系统保护与控制,2014,42(16):96-102.

作者简介

布赫(1987—),男,硕士,研究方向为电力电子与电力传动、风力发电技术。

(责任编辑:张峰亮)

基于AD7606同步异步组合采样的智能功率变送装置设计

陆奇光, 曹达, 张益, 王祥

(浙江涵普电力科技有限公司, 浙江 嘉兴 314300)

摘要: 介绍了一种基于3块AD7606为采样核心的智能型功率变送装置设计方案。利用一块AD7606定频采集电压, 另采用2块16位高精度AD7606, 同时负责测量级同步采样, 保护级同步采样, 确保了测量精度高、保护级输入宽范围, 暂态响应可以保证不失真; 变送输出采用16位高性能DAC转换器, 能够以最高30 MHz的时钟速率工作。当变压器空载合闸或区外短路故障时, 发生暂态涌流, 可以由测量级TA自动无缝切换为保护级TA运行, 保证真实反映实际功率变化, 确保机组协调控制系统稳定可靠。同时, 在发电机机端发生暂态涌流时, 含有大量谐波, 以傅里叶算法计算基波频率, 并以此作为测量级和保护级电压电流互感器采样频率, 大大提高了机组协调控制系统的可靠性和稳定性, 保证了机组的安全稳定运行。

关键词: 测量侧; 保护侧; 高精度同步采样; 暂态响应; 基波频率

中图分类号: TP274

高性能模拟数字转换器ADC提供了可以满足智能化变电站系统所需的性能和分辨率, 它不仅使得采样的精度不断提高, 采样的速度和稳定性也不断提高。

单片机内置AD分辨率不高, 一般为10位或12位, 同时由于系统RAM的限制, 使得采样点数不够多, 难以保证功率测量的精度; 单片机需要根据电压电流采样点再来计算电压、电流、有功、无功、功率因数等, 这些可能需要几个周波的时间来计算, 严重占用系统资源, 不能保证功率测量的实时性。

电力系统参数的采集对系统的稳定运行有着至关重要的作用, 新形势下如何快速、准确采集各种参数就显得十分重要, 一般AD7606多通道的集成使得多路电压/电流的监控和测量变得轻松, 并且使用同步采样电压电流计算全波功率, 而我国电力的频率为50 Hz, 但在谐波污染影响下, 使用过零算法会产生很大的误差, 需要在硬件电路中加入各种滤波器, 而采用傅里叶算法则不受谐波影响。

1 硬件设计原理

1.1 装置原理框图

这款智能型功率变送装置的原理框图, 如图1所示。数据采集时3块AD7606, 采样数据处理是由

STM32F407IGT6完成, 为了处理器性能的发挥, 显示等MMI设备由另1块STM32F207ZGT6处理器处理。MCU通过并口总线和3块AD7606相连, 实时读取AD7606的采样数据, 并根据测量和保护2块AD7606的12通道的采样数据计算测量和保护的三相电压、三相电流、三相有功功率、三相无功功率、三相功率因数、总有功功率、总无功功率、频率等, 同时MCU计算有功和无功电能, 并通过可编程逻辑控制器来输出脉冲信号。该智能功率变送装置还包括人机界面, 用户可现场方便地实现界面切换及参数编程设置。MCU通过16位AD芯片AD5764将测量电量以模拟量的形式输出。

1.2 采样逻辑框图

这款智能型功率变送装置的采样逻辑框图, 如图2所示。异步采样的AD7606的采样频率, 由STM32F407IGT6发出, 采样6项电压, 包括测量侧 U_A 、 U_B 、 U_C 和保护侧 U_A 、 U_B 、 U_C ; 另2块同步采样AD7606的采样频率由2个由CPLD芯片发出, 测量侧的 U_A 、 U_B 、 U_C 、 I_A 、 I_B 、 I_C 经过电压电流互感器进入测量侧同步采样AD7607, 采样数据经总线发送给STM32F407IGT6, 并由逐点采样的波形, 计算出有功功率; 保护侧的 U_A 、 U_B 、 U_C 、 I_A 、 I_B 、 I_C 经过电压电流互感器进入保护侧同步采样AD7607, 采样

数据经总线发送给STM32F407IGT6,并由逐点采样的波形,计算出有功功率;2个有功功率二选一,送DAC输出为4~20 mA模拟量,响应时间控制在40 ms以内。

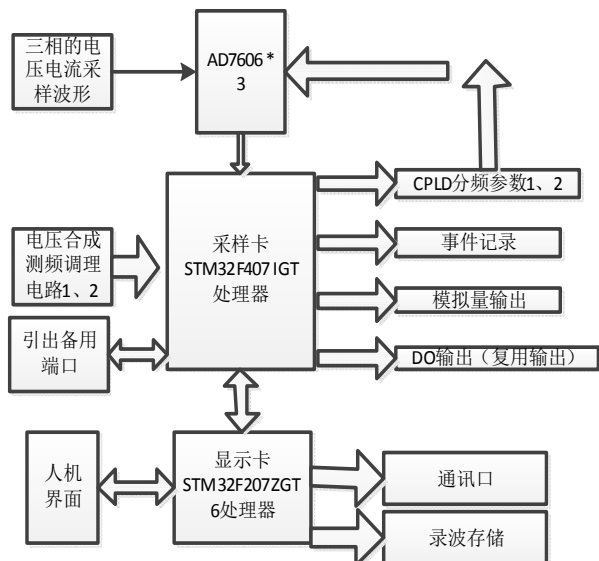


图1 装置原理框图

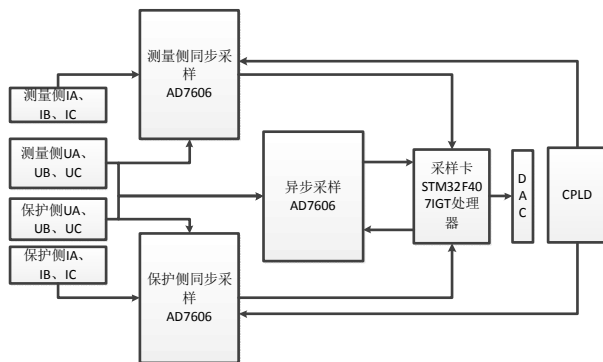


图2 采样逻辑框图

1.3 16位多通道ADC的异步采样

本设计中信号采集频率部分采用16位高精度异步采样ADC,型号为AD7606。各器件均内置模拟输入箝位保护、二阶抗混叠滤波器、跟踪保护放大器、16位电荷再分配逐次逼近型模数转换器(ADC)、灵活的数字滤波器、2.5 V基准电压源、基准电压缓冲以及高速串行和并行接口。该芯片采样速率最高可达200 kHz。输入范围可设为±10 V。采样频率确定为6400 Hz,每周波采样点数128点,共需要8个周波经Rife-Vincent窗加窗后进行FFT计算得出基波频率。

1.4 16位多通道ADC的同步采样

AD7606采用的是并行输出模式。MCU通知可编程逻辑控制器发生采样启动信号,同时输入到AD7606的启动转换管脚来启动每次模数转换。AD7606转换完成后,均会输出一个转换完成信号BUSY直接输入到MCU的外部中断管脚。一旦AD7606采样完成,MCU程序则会进入外部中断进行6路信号的采样值读取。完成6路信号同时采样。MCU再根据同步采样的信号,利用逐点处理的方法计算电压、电流、有功、无功、功率因数等。

1.5 16位高精度DAC

本设计中模拟量变送输出部分采用16位高精度DAC,型号为AD5764。该芯片是一款4通道、16位、串行输入、双极性电压输出的DAC,标称满量程输出范围为±10 V,AD5764采用串行接口,能够最高以30 MHz的时钟速率工作,并且与DSP和微处理器接口标准兼容,利用双缓冲,所有DAC可实现同时更新。STM32主芯片根据配置将对应的电量计算得到相应的数字量,再通过AD5764转换成线性比例的模拟信号。

1.6 基波频率和采样频率

本设计中用到的微处理器是基于ARM 32位Cortex™-M4带硬件浮点运算的MCU,自适应实时加速器(ART加速器™)可以让程序在Flash中以最高168 MHz频率执行时,能够实现零等待状态的运行性能,内置存储器保护单元,能够实现高性能。实际设计中,异步采样的电压信号,须缓存9个周波,并逐点更新,每更新1个周波,进行1次傅里叶计算,保证频率的更新周期在40 ms以内。

2 同步采样软件的实现

根据交流采样原理,电压有效值公式如下:

$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u_2(t) dt}, \quad (1)$$

式(1)离散化则有:

$$U = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{m=1}^N u_m^2}. \quad (2)$$

式(2)就是根据一个周期各采样瞬时值及每周周期采样点数计算电压信号有效值的公式。同理,电流有效值计算公式如下:

$$I = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{m=1}^N i_m^2} \quad (3)$$

计算有功功率的公式如下：

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T i u dt \quad (4)$$

式(4)离散化后有：

$$P = \frac{1}{N} \sum_{m=1}^N i_m u_m \quad (5)$$

式(5)中： i_m 、 u_m 为同一时刻的电流、电压采样值。

本设计中用到的微处理器是基于 ARM 32 位 Cortex™-M4 CPU 的 MCU，其主频高达 168 MHz，内带 32 位乘法器和除法器，并有硬件浮点运算器。计算速度之快是 16 位的 DSP 和普通单片机远不能及的。在采样计算上采用逐点处理的方法，解决了采样点数和实时性之间的矛盾。

采样逐点处理，就是 AD7606 转换完成后，均会输出 1 个转换完成信号 BUSY 直接输入到 MCU 的外部中断管脚，这时 STM32 在中断函数中执行电压、电流平方和的计算和功率乘积和的计算，在程序的主任务中执行开平方运算等得到电压、电流、功率的有效值。以下以电压 128 点采样为例，当第一次采满 128 点时，电压有效值如式 (6)，其中 $m = 1 \sim 128$ ：

$$U = \sqrt{\frac{1}{128} \sum_{m=1}^{128} u_m^2} \quad (6)$$

当采样点到 129 点时，电压有效值如公式 (7)，其中 $m = 2 \sim 129$ ：

$$U = \sqrt{\frac{1}{128} \sum_{m=2}^{129} u_m^2} \quad (7)$$

STM32 在中断函数中将原 128 点平方和去掉第一个点电压的平方和，加上第 129 个点电压的平方和，然后在主循环在执行开平方程序和数据处理，得到最新的电压有效值，以此类推，第 130 个点、131 个点……第 N 个点，按照以上逐点方式进行计算。

3 异步采样软件的实现

3.1 频率计算流程图

频率计算的流程表示为如图 3 所示。

每 20 ms 以后，查看测量侧电压，如果有则按测量侧的波形缓存进行傅里叶计算，并且频率在 35~

65 Hz，以此频率控制 2 块 AD7606 的同步采样；如果测量侧没有电压，则转为保护侧的电压计算，同样若所得频率在 35~65 Hz，以此频率控制两块 AD7606 的同步采样；若没有计算得到频率，以 50 Hz 作为当前频率，控制 AD7606 同步采样。

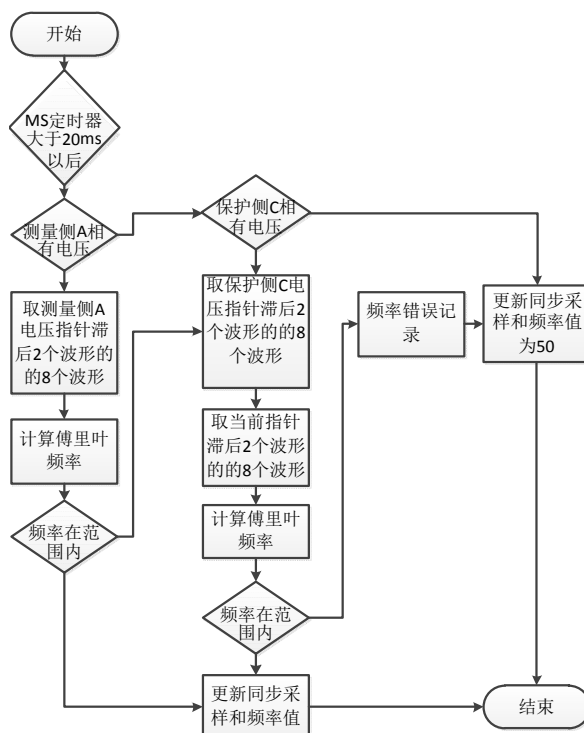


图3 频率计算流程图

3.2 异步采样取频率的实现算法

在 AD7606 上定频 6400 Hz 对电压波形采样序列：

$$u(n) = \sum_{h=1}^p U_h \sin(2\pi h f_1 n / f_s + \phi_h) \quad n = 0 \cdots N - 1 \quad (8)$$

窗函数 $W(n)$ 采用 Rife-Vincent 窗，取五项窗函数，对加窗后的数据序列 $x(n) = u(n)W(n)$ 进行傅里叶运算，可得到数据组：

$$X(k\Delta f) = C U_h e^{j\omega h} W[2\pi(k - k_h)/N] \quad (9)$$

式中： $\Delta f = f_s / N$ 为频率间隔； k 为抽样频率序号； C 为复数常数；式中 $2\pi(k - k_h)/N$ 为窗函数 $W(n)$ 的频谱函数， $k_h = hNf_1 / f_s$ 。

从 $X(k\Delta f)$ 中找到最大及第二最大谱线，分别为 $X(k_{h1}\Delta f)$ 和 $X(k_{h2}\Delta f)$ ，对于电压波形 $u(t)$ 的基波 $h = 1$ ，可以在一个设定范围 35~65 Hz 内搜寻 $X(k_{11}\Delta f)$ 和 $X(k_{12}\Delta f)$ ，考虑到 $k_1 = Nf_1 / f_s$ ，最终计算出基波频率：

$$f_1 = (a + k_{h1} + 0.5) f_s / N. \quad (10)$$

同步采样的采样率即为 $f_1 * N$ ，在 50 Hz 频率和 128 点采样时，即为 6400 kHz 采样率。

4 试验结果

异步 AD7606 模块测频率以 A 相电压为例，试验结果如表 1 所示。

表 1 电压基波频率的运行数据

高精度计算结果						
谐波次数	采样点	采样率/Hz	基波频率/Hz	基波频率计算结果/Hz	FFT/ μs	频率计算/ μs
9	128	800	45	45.0001158	123	2024
9	128	800	49.8	49.8000021	123	2026
9	256	1600	45	45.0001321	263	4049
9	256	1600	49.86	49.8600082	262	4045
9	512	3200	45	45.0001131	506	8097
9	512	3200	49.86	49.8600024	504	8089

同步 AD7606 模块测功率，以测量侧为例，试验结果如表 2 所示。

表 2 有功功率的运行数据

电压: 100 V		实测误差/%		
电流/%	功因	标准值/W	显示值/W	误差/%
100	1.0	300.00	300.04	0.013
20	1.0	60.00	60.03	0.010
50	0.5L	75.00	75.15	0.050
50	0.5C	75.00	74.90	-0.033

由表 1、表 2 可见，傅里叶计算基波频率的精度很高，稳定在小数点后三位，高于 0.001 Hz 的精度。并且功率的计算精度误差在 0.1% 以内，排除仪器误差，实际精度更高。

有功功率从零值到额定值的响应时间如下蓝色线，电流 TA 曲线如黄线所示。

由图 4 可见，功率的响应时间非常快，在 20~40 ms 之间，真正达到了快速响应，可以作为暂态过

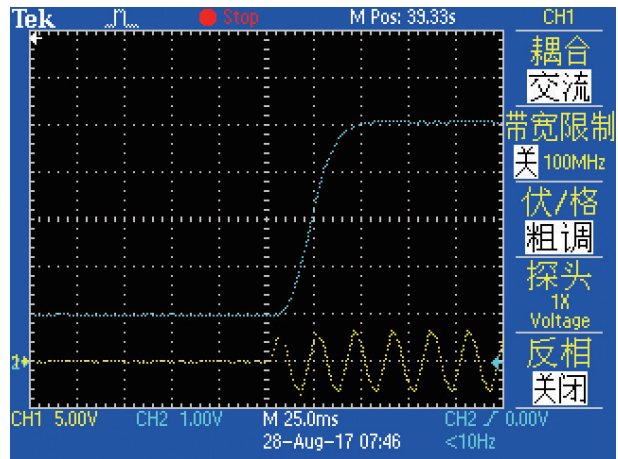


图 4 模拟量输出相应时间: 信号由 0~100% 程中的实时控制参考值。

5 结束语

本设计中，基于优越的硬件平台，采用 3 块 AD7606 异步同步采样组合，软件上通过采样逐点处理的方式，频率通过傅里叶算法计算，不仅满足了精度要求，而且大大增强了数据的实时性，可以应用于对精度尤其是对暂态响应要求特别高的场所。

参考文献

- [1] 庄松林, 肖中汉. 我国仪器仪表与测量控制科技的发展[J]. 自动化仪表, 2009, (05): 2-6. doi: 10.3969/j.issn.1000-0380.2009.05.001.
- [2] 王永胜. 智能仪表技术及工业自动化应用发展探讨[J]. 自动化博览, 2009, (06): 44-47. doi: 10.3969/j.issn.1003-0492.2009.06.013.
- [3] 武永鑫. 基于 MSP430 系列单片机的多功能电能表设计[J]. 现代建筑电气, 2010, 1(2).
- [4] 胡广书. 数字信号处理[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [5] 马宏忠, 胡庚生. 软件同步采样的误差分析[J]. 电工技术学报, 1996, (01): 43-47.
- [6] 刘得新, 陈波, 雷惠博. GB/T 13850-1998 交流电量转换为模拟量或数字信号的电测量变送器[S]. 北京: 中国标准出版社, 1998.
- [7] 于克泳, 孙建军. 新一代 16 位 8 通道同步采样 ADC-AD7606 在智能电网中的应用[J]. 电子产品世界, 2010, (10): 63-65.

作者简介

陆奇光(1987—),男,软件工程师,从事电气测量技术、电力仪表、标准表的研究。

(责任编辑:刘艳玲)

基于智能理念的低压集抄系统运维效率提升

梁佩新

(广东电网有限责任公司中山供电局, 广东 中山 528400)

摘要: 实现低压集抄系统全覆盖后, 如何有效提升运维效率至关重要。在低压集抄系统运维中融入智能理念, 通过智能设备的使用和智能识别机制的建立, 使人工运维向自动化、信息化的智能运维转化, 能提升运维效率。

关键词: 低压集抄系统; 运维; 智能

中图分类号: TM764.2

2018年6月, 广东电网全面实现低压集抄全覆盖。低压集抄系统建成后, 如何进一步提升低压集抄系统运维效率, 是保障系统低故障率甚至零故障率的高质量稳定运行, 快速提升自动抄表率的关键所在。然而, 传统低压集抄系统运维模式却面临人员技能不足、运维机制不完善、缺乏高效的故障运维方法等重重瓶颈桎梏, 严重制约低压集抄系统运维效率提升, 也加重了运维人员工作负担。在低压集抄运维中融入智能理念, 使低效的人工运维向自动化、信息化的高效智能运维转化, 能极大提升低压集抄系统运维效率, 为基层运维人员减负, 真正实现“普及运维、轻松运维、快乐运维”。

1 低压集抄系统运维现状分析

目前低压集抄系统运维流程主要包括人工发现故障、寻找故障地点、判断故障原因、处理故障及联调、人工复核及归档工单等环节。各环节工作主要以人工为主, 耗时费力, 效率低下。在人、机、料、法、环各方面存在诸多问题。

1.1 运维人员效能不足

低压集抄系统运维以人为主, 对人员技能要求较高, 但长期的运维工作外委, 造成供电局内部人员技能水平下降, 低压集抄系统运维技术骨干极度缺乏。由转岗的抄表员组成的低压集抄系统运维队伍, 大部分人员理论基础薄弱、工作能力单一、对低压集抄技术不了解, 技能水平不高, 加之转岗带来的不适应, 极易产生“不愿学”“不懂就不干”的懈怠情绪。而日常的培训针对性不强、内容局限, 也难以在短时间内提升人员技能。人员能效不足,

严重影响运维工作的顺利开展。

1.2 故障发现机制不完善

发现故障是运维工作的源头, 目前低压集抄系统故障的发现主要通过运维人员人工监控抄表情况, 逐个检查集中器抄收情况, 判断筛选出故障用户, 记录汇总故障用户相关信息, 对故障进行初步分析并分类形成故障处理清单。从监控、检查、判断、筛选、记录、分类, 到最后确定故障用户, 整个过程均依靠人工手动完成, 不仅耗费大量时间及人力, 且由于缺乏规范统一的故障发现机制, 人工操作随意性大, 易造成故障发现不全面, 遗漏故障等情况, 难以实现故障运维的闭环管理, 不利于历史运维数据的保存查找。

1.3 缺乏可依从的故障判断方法

根据故障现象准确判断故障原因, 是快速成功处理故障的关键。目前低压集抄系统的运维从对故障原因的分析判断到确定处理方案, 完全依靠人工进行。运维人员只能依靠一己之力, 凭借个人的知识储备和经验对故障原因作出判断, 但现场的故障现象千差万别, 造成故障的原因也各不相同, 而个人的能力和故障处理经验毕竟是有限的, 这种依靠人工进行的判断不可避免地存在局限性和片面性, 特别对于经验不足的运维人员来说, 当遇到从未接触过的故障类型时, 这种判断几乎是盲目的。由于缺乏可依从的快速判断故障的方法, 人工判断的局限性与盲目性极大延误了故障的准确判断, 拉长了故障处理时间。

1.4 缺乏现场调试设备

在故障处理环节, 须对集中器、电能表的数据进行实时召测等联调处理, 由于现场没有能与计量自动化主站互联的设备, 无法实现现场的实时调试,

现场运维人员必须联系主站人员进行远程联调,若主站人员技能不足或配合不及时,将大大增加现场运维人员的等待时间,甚至造成运维人员多次反复往返于现场与主站之间进行处理,降低运维效率。

1.5 寻找故障地点费时耗力

低压集抄系统布点多,设备分布范围广,集中器、采集器、费控电表等分散安装在大街小巷的每一个角落。在集抄系统建设初期,由于没有详细记录每一个设备的安装位置,导致后期在低压集抄系统运维过程中,运维人员仅能凭记忆和经验在现场进行大范围搜寻,大量时间被耗费在反复寻找故障设备点上,延误了故障处理,效率降低。

2 提升低压集抄系统运维效率措施

2.1 打造智能实训场,提升技能培训效率

按照“一所一场”原则,在每个供电所搭建低压集抄系统运维实训场,划小培训单元,变集中培训为“小班制”,使培训普及渗透到每一个人,更具针对性。在实训场配置低压集抄系统智能仿真培训设备,通过仿真设备不仅可模拟现场低压集抄的运行情况,而且通过程序参数的选择设置,可即时模拟现场各种类型的低压集抄系统故障,实现故障类型培训的全面覆盖,集抄运维人员不再需要长途跋涉到现场进行实操培训,并且在实训场的智能仿真设备上就可随时开展低压集抄原理剖析、终端安装接线及调试、集中器上行通信模块故障排查处理、电能表故障排查处理、电能表更换、计量自动化主站建档及档案维护等多项培训。让运维人员“干什么、学什么,缺什么、补什么”,在较短时间内就能获得非常丰富的故障处理经验和运维技能的大幅提升。

2.2 “智能诊断”自动发现故障,实现故障闭环跟踪

应用计量自动化系统“智能诊断”工单流转,每日由系统自动监测集中器情况,根据设定的故障异常判断规则,自动判断并生成集中器离线、上线缺数,表计“倒走、飞走”等故障异常明细,实现故障的全面、自动、快速发现。同时生成运维处理工单流转到营销系统,规范运维处理流转机制,确保故障异常得到及时响应处理。处理完成后,工单回传到计量自动化系统,系统根据复检规则对处理结果进行复检判断,复检确认处理成功后自动归档工单,减少人工操

作,规范故障处理流程的闭环跟踪管理。

2.3 组建智能识别故障库,故障原因快速判断

收集集中器、采集器、电能表、主站等各类故障的相关处理信息,包括故障的表征描述、故障原因、故障的排查方法、故障的处理方法等,汇总形成数据库,同时建立故障的表征描述与对应故障原因之间的映射关系,建立故障原因与对应排查方法和处理方法之间的映射关系,形成智能识别“故障库”。运维人员只要输入故障的表征描述,和现场集抄系统运行的相关信息(如集抄方案、终端设备厂家、电能表规约年份等),故障库即通过相关信息的比对匹配,自动输出对应的故障原因和排查处理方法指引,运维人员依据指引就可对现场集抄故障进行处理。“故障库”汇聚保存了众多运维人员的智慧和经验,完整集结了低压集抄系统各种方案下常见的故障信息,提供了统一、全面、可依从的技术问题解决标准,实现故障原因和处理方法的自动识别,避免了人工分析随意、局限、时效性差等弊端。同时,运维人员也可把日常运维过程中发现的疑难问题、新故障、新方法等信息补充录入故障库,不断对故障库进行修正补充完善,实现技能和经验的共享。

2.4 应用智能运维 App,现场实时调试不用等

推广应用计量智能运维 App, App 实现了与计量自动化系统、营销系统的实时数据交互。现场进行故障处理时,运维人员可在 App 连接计量主站,实时进行集中器或电表的参数修改、下发,以及数据召测等联调操作,不须再等待主站人员配合调试,节省大量时间。同时可登录营销系统,接收运维工单,实时录入现场消缺数据,闭环归档工单并反馈计量系统对消缺情况进行复检验证,不需人工现场抄录大量数据再后续录入系统,实现工单流转、召测联调、归档验证的全过程移动化。

2.5 建立运维坐标数据库,快速智能定位故障地点

在日常运维巡视工作中,收集完善集中器、电能表的位置坐标信息,组建运维坐标数据库。低压集抄系统故障运维时,运维人员可通过坐标数据库快速掌握集抄设备的准确位置,并利用 GPS 实时导航更快更准确地到达故障现场进行抢修,大幅提升抢修运维效率。

(责任编辑:袁航)

一种提高抢修效率的“缆虫”技术

彭洪梅, 肖丽军

(国网江西安福县供电公司, 江西 安福 343200)

1 10 kV 配电线路断线解决方法

传统的线路断线解决方法一般采用对接法和压接管法。对接法采用断线两端直接接通, 抗拉强度弱, 接头的接触电阻较大, 负荷大时接头因过热或大风因强度不够容易产生松脱再次烧断。而压接管法使用导线接续管进行连接, 再用液压钳进行压接, 操作较为复杂, 对操作人员的检修水平提出了一定的要求, 易产生连接点过热现象且整个恢复过程需要较长的时间。

本文介绍一种新型的断线快速接头技术, 通过自制一种快速连接管(以下简称“缆虫”快速连接管)来提高抢修效率。由于使用的管状材料似虫子, 故名“缆虫”。其结构如图1所示。而采用“缆虫”快速连接管, 只须把断线两端插入快速接头, 用紧线器把线拉起, 断线接头一受力, 接头自动紧固, 不须用液压钳进行压接, 操作简单, 抗拉强度高, 不容易产生松脱。

2 “缆虫”快速连接管原理介绍

2.1 原理

先将一组剪平齐的线头经导引口插入到快速接头的中间止动块, 动作要领为必须保证线路两端保持在水平位置, 平正的插入中间止动块, 线路固定到位后, 将线路两端向相反方向用力拉动, 即可将导线与快速接头牢固连接。整个过程, 连接一组电线一般15 min以内。

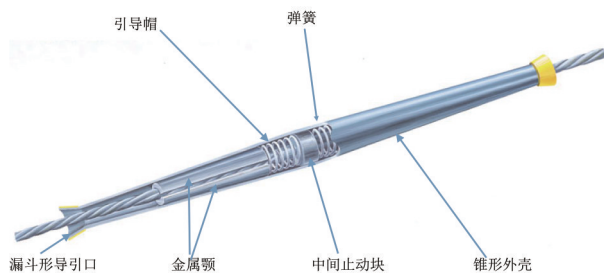


图1 “缆虫”快速连接管结构

2.2 各模块功能

漏斗形导引口: 起导向接入的作用。

金属颚: 它是由铝合金材料制成, 当导线插入, 弹簧会把金属颚推向漏斗形导引口方向, 金属颚内牙会咬住导线, 当导线具有一定张力时, 金属颚就会咬紧导线, 为了确保可靠电气连接, 导线张力应该不少于导线额定断裂张力的10%。

弹簧: 是由不锈钢材料制成, 当导线完全插入, 弹簧会把金属颚推向漏斗形导引口方向, 让金属颚咬住或控制住导线, 利用弹力把金属颚固定在连接管内部适当位置上, 也确保金属颚有个良好的接触。

引导帽: 帮助导体进入连接管, 同时漏斗口导向帽将导线的插入端固定住, 与中间止动块做个良好的电气连接。

外壳: 高强度铝合金制成, 起主要电气回路连接作用。

中间止动块: 确保两端导线的连接长度一致。

3 “缆虫”快速连接管应用效果

表1 3种断线抢修恢复用时数据对比表

处理断线故障方法	处理的断线次数	最长处理时长/min	最短处理时长/min	平均处理时长/min
对接法	6	220	85	145
压接法	2	290	125	210
“缆虫”快速连接管	3	38	19	25

通过2年实践, 使用“缆虫”快速连接管和传统的对接法、压接法完成的2016—2017年断线抢修数据对比, 在排除抢修现场天气、备品备件、人员技能水平等因素影响, 列出了3种线路断线抢修方法的故障修复时间数据, 如表1所示。通过数据对比, “缆虫”快速连接管连接法效率明显高于其他方法, 能快速地完成断线抢修并恢复供电, 提升配电可靠性及优质服务水平。

(责任编辑: 袁航)

县级公司建设 泛在电力物联网的几点思考

马伟峰

(国网河南巩义市供电公司, 河南 巩义 451200)

2019年, 国家电网公司提出了“三型两网、世界一流”的新时代战略目标, 3月初, 寇伟董事长在泛在电力物联网推进会上, 就为什么、是什么、怎么干三个方面对建设泛在电力互联网提出了时间要求和节点计划。作为县级供电企业, 笔者在建设泛在电力物联网方面有几点思考, 具体如下:

1 人才储备方面

建设泛在电力物联网, 需要大量专而精的信息化专业人才。而根据市县通信一体化方案的调研, 县级供电公司信通人才缺员率平均达35%以上, 个别县级供电公司缺员率甚至达50%以上, 并且县级供电公司信通专业人员专业水平和专业素质较低, 只会进行简单的网络与终端运维服务, 对数据的采集、交换、传输、存储、核心数据库的运维等前沿科技和技术掌握不够, 在承载建设泛在电力物联网的方面有很大的差距。

2 管理方面

泛在电力物联网涉及发、输、变、配、用等多个环节, 涉及的用户和企业众多, 对大量数据的日常维护、更新、存储提出了很高的要求, 各类数据的收集、分类、传输、存储复杂多样, 基础设施建设和保障任务繁重。受专业分工的限制, 县级供电公司没有建立一个针对互联网、大数据的管理部门, 在先行先试、三站合一等推进泛在电力物联网建设方面, 存在一定的困难。

3 设备方面

在4G阶段, 国家电网公司已经推广了手持终端、集抄等应用终端, 大量终端设备已从最初的普通数据流量卡更换为物联网卡。但在研发之初, 由于受研发平台、专业安全和成本的考虑, 缺乏兼容和通用, 造成设备之间无法互用, 造成一定的资源浪费。随着5G系统的开工建设, 原有的设备无法实

现平滑过渡, 需要逐步更新换代。

4 网络方面

近几年国家电网公司对网络投资不断加大, 大部分县级供电公司已实现了光缆对变电站、供电所的100%全覆盖。但众多的配电线路、配网设备、终端、用户设备、客户端设备等并没有实现光缆的全覆盖。随着无线数据专网的推广建设, 这一问题将会逐步解决。在建设无线数据专网时, 宜采用5G标准, 高起点、高标准建设, 合理优化和布局网络设备、微型基站, 实现有线+无线设备的无缝融合和对接, 以满足未来更多物联网设备终端的接入需求。

5 数据贯通方面

近几年, 国家电网公司虽然开发各种应用系统, 但系统之间数据始终无法实现完全融合和贯通, 在运行中容易出现数据壁垒, 虽然营配调数据贯通整改了好多年, 但收效甚微。建议此次泛在电力物联网建设, 先从搭平台、整合系统资源入手, 所有的业务系统以一个平台为基础, 采取分层模式, 逐步向外延伸和扩展, 实现基础数据就地存储、次要数据异地提取、重点数据集中存放, 重要数据保密备份。

6 建设模式方面

建设泛在电力物联网, 必须要坚持顶层设计和基层创新相结合, 顶层设计要充分考虑实用性、经济性、方便性和基层应用的便捷性, 在切合实际、实用、实效上下功夫, 让一线人员更好用、更愿用、争着用, 为基层班组减负。充分利用大云物移智链、边缘计算、互联网+等的优势, 发挥基层人员的创造力、创新力和聪明才智, 以解决实际问题为基础, 组织研发, 开展试点, 待积累经验后再逐步推广。

(责任编辑: 袁航)